

ALMA MATER STUDIORUM

UNIVERSITA DI BOLOGNA

SECONDA FACOLTA DI INGEGNERIA – SEDE DI CESENA

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Elasticity in Cloud Computing: tecnologia e applicazione aziendale presso Onit

Sistemi Distribuiti L-A

Relatore: Prof. Andrea Omicini

Correlatore: Dott. Stefano Mariani

Presentata da: Matteo Cacchi

Sessione III

Anno Accademico 2015-2016

“La vita è un dono che solo chi lotta e non si arrende mai può godere appieno...quindi non mollare di un centimetro, anche quando senti il mondo cascarti sotto ai piedi”

Matteo Cacchi

Indice

Obiettivo	5
Struttura dell'elaborato	8
1. Il Cloud Computing.....	10
1.1 Introduzione	10
1.2 Cenni Storici	11
1.3 Definizioni	13
1.4 Caratteristiche principali.....	14
2. Modelli di distribuzione dei servizi Cloud.....	17
2.1 Private Cloud	17
2.2 Public Cloud	18
2.3 Community Cloud.....	19
2.4 Hybrid Cloud	19
2.5 Vantaggi e Svantaggi	20
3. Tipologie di servizi offerti (Service Models).....	24
3.1 Software as a Service (SaaS)	24
3.2 Platform as a Service (PaaS).....	26
3.3 Infrastructure-as-a-Service (IaaS).....	27
3.4 Hardware as a Service (HaaS)	28
3.5 Data as a Service (DaaS).....	29
3.6 Vantaggi e Svantaggi	29
4. Elasticity nel Cloud Computing	33
4.1 Varie Definizioni	33
4.2 Importanza dell'elasticity	35
4.3 Fattori di qualità per l'elasticità (QoE)	36
4.4 Scalability	38
4.5 Elasticity vs Scalability.....	41
4.6 Virtualizzazione	42
4.7 Principali tecniche di virtualizzazione	43
5. Principali sistemi Cloud nel globo	45
5.1 Amazon Web Services.....	46
5.2 L'elasticità secondo Amazon Web Services.....	49
5.3 Microsoft Azure Service Platform	50

5.4 Elasticità nei servizi Microsoft Azure	57
5.5 Confronto tra i due sistemi AWS vs Microsoft Azure.....	57
6. Analisi dell'azienda Onit Group	60
6.1 Presentazione azienda	60
6.2 Interviste ai responsabili	60
6.3 Analisi situazione attuale	64
6.4 Motivazioni iniziali per l'adozione di una soluzione Cloud.....	69
6.5 Migliori tecnologie attuabili	70
6.6 Vantaggi e possibili svantaggi per l'azienda	75
6.7 Analisi dei rischi per la sicurezza	78
7. Conclusioni.....	80
8. Bibliografia.....	81
9. Ringraziamenti	84

Obiettivo

Questo lavoro di tesi si propone di analizzare una tecnologia molto in voga negli ultimi tempi, tra studiosi di informatica e non, la nuova dirompente tecnologia che negli ultimi anni sta rivoluzionando il mondo dell'ICT¹ sembra avere l'intenzione di dominare l'intera economia nel corso del prossimo decennio e oltre.

Tuttavia sul significato di Cloud Computing e su cosa sia in realtà c'è davvero molta confusione. Il termine “nuvola” è un chiaro richiamo a internet, l'unica cosa in cui tutti sono d'accordo infatti è che per poter “fare” Cloud Computing è necessaria una connessione alle rete.

Il Computing sulla nuvola rende abbastanza l'idea, qualcosa di simile ad utilizzare un computer attraverso la rete, senza essere a conoscenza di cosa accade all'interno della nube. A livello prettamente tecnico si tratta di usufruire di risorse di calcolo in remoto, che possono essere CPU, memoria, disco, sistemi operativi, librerie, ambienti o applicazioni; ma non solo, si può anche e soprattutto utilizzarle quando richiesto e nella misura necessaria.

Sembra quasi una sorta di magia poter avere quello che si vuole quando si vuole (in ambito informatico), in realtà l'idea che c'è alla base di tutto è molto semplice: poter ordinare e incrementare velocemente le risorse necessarie per il proprio business senza dover acquisire hardware e software, senza dover configurare l'ambiente di lavoro, cercando di limitare il più possibile i costi; rendere semplice l'utilizzo di servizi computazionali così come acqua, luce o gas ; come fossero servizi pubblici, riprendendo da questo modello anche la forma di pagamento a consumo, diventata oramai la più diffusa sul, sempre più in espansione, mercato del Cloud Computing.

Il Cloud Computing può quindi essere definito come un modello di fruizione delle risorse tecnologiche, le quali vengono portate al consumatore sotto forma di servizio; un nuovo modello capace di cambiare la concezione della rete, e in grossa parte lo sta già facendo.

Il Cloud Computing ha avuto un enorme boom negli ultimi anni perché è ciò di cui la rete ha bisogno, offrire servizi nel modo più flessibile possibile. Data la forte crescita registrata nel campo sempre più aziende hanno cominciato a stanziare grandi investimenti, primi tra tutti i giganti dell'informatica come Amazon, Google, IBM e Microsoft, che oggi offrono le principali e più svariate soluzioni Cloud a prezzi contenuti.

¹ ICT, in gergo Information and Communication Technology, racchiude l'insieme delle tecnologie per la trasmissione ed elaborazione delle informazioni digitali e l'integrazione con i sistemi moderni di telecomunicazione

Quindi il Cloud Computing nasce per ridurre e contenere i costi dell'IT² migliorando il servizio per aggiungere valore all'azienda e ai servizi che offre ai consumatori.

Ma come possiamo vedere di seguito le opinioni circa l'adozione di questo "nuovo" paradigma d'interazione non sono tutte favorevoli (anche se bisogna sottolineare che le opinioni contrarie sono piuttosto datate e sempre meno frequenti col passare degli anni).

Ecco di seguito alcuni pensieri sulla tecnologia del Cloud Computing tratti da interviste ai CEO³ delle maggiori aziende informatiche del mondo:

"I really worry about everything going to the cloud, I think it's going to be horrendous. I think there are going to be a lot of horrible problems in the next five years, with the cloud, you don't own anything. You already signed it away." [1]

Stephen Gary Wozniak, co-fondatore di Apple, 2012

"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. One reason you should not use web applications to do your computing is that you lose control, It's just as bad as using a proprietary program. Do your own computing on your own computer with your copy of a freedom-respecting program. If you use a proprietary program or somebody else's web server, you're defenceless. You're putty in the hands of whoever developed that software." [2]

Richard Stallman, fondatore della Free Software Foundation e creatore del sistema operativo GNU, 2008

"The interesting thing about cloud computing is that we've redefined cloud computing to include everything that we already do. I can't think of anything that isn't cloud computing with all of these announcements. The computer industry is the only industry that is more fashion-driven than women's fashion. Maybe I'm an idiot, but I have no idea what anyone is talking about. What is it? It's complete gibberish. It's insane. When is this idiocy going to

² L'IT, in gergo Information Technology, indica l'insieme dei metodi e delle tecnologie che realizzano i sistemi di trasmissione, elaborazione di informazioni digitali

³ CEO: Chief Executive Officer ossia amministratore delegato, carica di maggiore prestigio e responsabilità all'interno di un'azienda

stop? We'll make cloud computing announcements. I'm not going to fight this thing. But I don't understand what we would do differently in the light of cloud." [3]

Larry Ellison, CEO di Oracle Corp., 2008

"If you're not already spending a lot of capital in the order of four or five billion dollars each year to just grow your cloud, probably it's a little too late to enter the market, I mean, that's the entry barrier, and there are a few of us who are in that mega-scale of cloud " [4]

Satya Nadella, CEO di Microsoft Corp., 2014

"We're really focused on what we call infrastructure Web services...Amazon Web Services is focused is on very deep infrastructure. It has the potential to be as big as our retail business. It's a very large area and right now (and) it's done in our opinion in a very inefficient way. Whenever something big is done inefficiently that creates an opportunity." [5]

Jeff Bezos, CEO of Amazon Corp., 2010

"The data shows it's a multcloud world, today most of IT still runs in a corporate data center. ... We think over the next 10 years, this shift out of traditional IT models into the cloud will create space in the market." [6]

Taylor Rhodes, CEO di Rackspace, 2015

"Our customers use the anonymized big data we collect to measure company performance against industry best practices, interacting with one another in our communities. With this kind of scalability, they can also drive value from predictive data, making correlations to answer historically difficult questions like: What colleges or degrees make the most successful salespeople or procurement managers? What's my management bench strength—who will be the most successful managers in six months or 12 months? Am I relying on the best suppliers, and will I be able to rely on them one year from now? In this way, we are providing a prescriptive blueprint that's industry-focused for every solution we have." [7]

Shawn Price, President of Global Cloud and Line of Business di SAP

Struttura dell'elaborato

Nella prima parte si struttura tutta la parte descrittiva e bibliografica della tesi, viene fatta un'introduzione alla tecnologia esponendola in tutte le sue innumerevoli sfaccettature, vengono illustrate tutte le varie modalità di consegna/fruizione dei servizi Cloud includendo considerazioni oggettive e soggettive sulle differenze sostanziali tra le varie modalità di servizio.

Sempre all'interno della parte bibliografica viene analizzata una delle caratteristiche più importanti riguardanti i servizi di Cloud Computing: l'elasticità (elasticity), in particolare viene profondamente chiarita la sua importanza e l'applicazione nei sistemi moderni e la particolare differenza con la scalabilità (scalability).

Nella parte centrale della tesi vengono analizzati due dei principali sistemi Cloud più utilizzati nel globo, quelli sviluppati e distribuiti da Amazon e Microsoft facendo una panoramica sulle caratteristiche salienti di entrambi i sistemi e sulle loro differenze sostanziali con un approfondimento incentrato sempre sulle tecniche utilizzate; è importante approfondire le tecnologie e i software utilizzati dai leader mondiali nel campo, studiare i vantaggi che potrebbe avere un sistema sull'altro e le offerte che propongono ai loro clienti visto che ognuno di noi potrebbe averci a che fare a casa, al lavoro e nel mondo di tutti i giorni vista l'adozione sempre più capillare.

Per quanto riguarda il sistema Azure è stato approfondito il paragrafo che lo riguarda in quanto l'azienda della quale si parlerà nell'ultimo capitolo è partner Microsoft ed utilizza tutte le suite di lavoro sviluppate dall'azienda di Redmond.

L'ultimo capitolo rappresenta il cuore di questo elaborato e offre un'attenta analisi sull'impatto macroeconomico generato dal Cloud Computing prendendo come esempio l'azienda per la quale orgogliosamente lavoro dallo scorso aprile: Onit Group Srl; viene presentata brevemente l'azienda e successivamente viene analizzato in profondità il possibile ampliamento dell'adozione della tecnologia Cloud Computing per quanto riguarda storage, sistema server e qualsiasi aspetto per il quale questa tecnologia può portare vantaggio, si tratta di un'azienda sempre con lo sguardo rivolto al futuro con la voglia di investire in nuove tecnologie quindi molto aperta all'adozione massiccia del Cloud.

Tutti i numerosi vantaggi incidono positivamente su tutta la catena economica di un intero sistema (che può andare dalla singola azienda al tessuto economico di un'intera nazione)

ossia: sul livello di produzione, sul consumo e sul tasso di occupazione favorendo lo sviluppo economico e la riduzione della disoccupazione.

Ci sono diversi argomenti che verranno trattati analizzando l'adozione del Cloud Computing oltre a quello prettamente tecnico come la sicurezza dei dati, visto che è uno degli aspetti fondamentali su cui viene focalizzata l'attenzione.

Si chiuderà l'elaborato con le conclusioni e ad alcune considerazioni sull'adozione di questo nuovo paradigma di computazione.

1. Il Cloud Computing

1.1 Introduzione

Il Cloud Computing si è evoluto come una delle più promettenti tecnologie negli ultimi anni dato il suo enorme e sicuro potenziale di trasformare il modo tradizionale di lavorare nel campo dell'informatica. E' un paradigma che racchiude il modo in cui le risorse computazionali includono le risorse infrastrutturali (come CPU, memoria, banda, server, ecc...), i software, le applicazioni e le piattaforme per la creazione di applicazioni agenti sul Web. Il Cloud Computing rende possibile la fornitura di queste risorse solo in caso di reale necessità, una sorta di servizio a richiesta e questo è uno degli elementi chiave della capillarità di utilizzo di questa tecnologia. A questi servizi vi si può accedere attraverso la reti a banda larga (solitamente Internet) visto che i server possono essere (e in genere sono) dislocati a migliaia di chilometri di distanza dal luogo da cui vengono utilizzati.

Virtualizzazione, Grid Computing⁴, Internet e Architetture orientate ai servizi (SOA)⁵ hanno dato la spinta propulsiva necessaria per far emergere il Cloud Computing ma ci sono ancora diversi problemi che ancora devono essere definitivamente superati. Si tratta di una general-purpose technology (cioè applicabile a qualunque settore) che permette di sostituire hardware e software con collegamenti online a centri dati remoti, creando ingenti risparmi nei costi e nuove potenzialità per l'ICT di un'azienda privata o dell'amministrazione pubblica. L' enorme portata innovativa di questa tecnologia risiede nel fatto che va a scomparire quella che è la componente fisica del server sulla singola workstation e tutti i dati vengono immagazzinati in enormi data center ubicati in zone con relativamente bassi costi di struttura e resi accessibili al cliente attraverso la connessione internet (di qui l'idea del cloud) tramite un qualsiasi tipo di device, sia esso un pc, un tablet o uno smartphone.

L'utente attraverso varie tipologie di unità di elaborazione (CPU), memorie di massa fisse o mobili, dischi esterni o interni etc. ha la capacità di gestire programmi e dati dal proprio computer, anche se non fisicamente ubicati sul proprio computer; servendosi di una rete

⁴ Grid: Infrastruttura di calcolo distribuito, utilizzati per l'elaborazione di grandi quantità di dati, mediante l'uso di una vasta quantità di risorse. [https://it.wikipedia.org/wiki/Grid_computing]

⁵ Service-Oriented Architecture: Architettura software adatta a supportare l'uso di servizi Web per garantire l'interoperabilità tra diversi sistemi. [https://it.wikipedia.org/wiki/Service-oriented_architecture]

locale (LAN) o geografica (WAN)⁶ l'attività di elaborazione, archiviazione e recupero può essere estesa ad altri computer e dispositivi remoti dislocati sulla stessa rete. Tramite il Cloud Computing gli utenti collegati ad un “*cloud provider*” possono svolgere queste attività semplicemente utilizzando un web browser o un'interfaccia, possono ad esempio accedere a software non direttamente installati sui propri computer e salvare i propri elaborati su memorie online offerte da queste macchine virtuali.

Anche se può sembrare lontana dalle proprie abitudini la tecnologia Cloud è già piuttosto consolidata nel vivere quotidiano, si pensi ad esempio al servizio mail di Google, ai vari social network a cui milioni di persone sono iscritte, alle mappe stradali offerte da Google Maps oppure ai più complessi sistemi di home banking. Questi sono solo piccoli esempi dell'enorme potenzialità dei sistemi Cloud. Nonostante rappresenti una vera e propria rivoluzione nel campo dell'informatica al pari dell'invenzione del computer o di Internet, il Cloud Computing non estingue tutto ciò che l'ha preceduto, anzi esso può essere considerato come un accorpamento e un'evoluzione delle già esistenti tecnologie e dei recenti modelli operativi dell'IT che combina l'architettura orientata ai servizi, il Grid Computing, il Cluster Computing, la virtualizzazione, la rete a banda larga e i data center su larga scala, offrendo all'utente una vantaggiosa alternativa nell'offerta dei servizi (software, infrastrutture e piattaforme) rispetto al precedente modello del “*bundled hardware*”⁷.

Come verrà affrontato nel capitolo successivo si parla di alternativa notevolmente vantaggiosa in termini di maggior flessibilità e di notevole riduzione di costi.

Attraverso il Cloud Computing, infatti, l'utente sotto forma di cliente privato o di azienda può noleggiare queste ‘macchine virtuali’ in proporzione alla sua effettiva necessità, progettare o servirsi di soluzioni già precostituite per integrare i propri dati o servizi. Questo comporta una notevole riduzione dei costi fissi destinati agli investimenti in IT tramutandoli in costi variabili e quindi arginando quello che è l'onere dei cosiddetti “*sunk cost*”⁸.

1.2 Cenni Storici

⁶ Il termine LAN definisce una tipologia di rete in cui i vari dispositivi sono dislocati fisicamente nello stesso edificio o in più edifici contigui a differenza della WAN che identifica una rete che include dispositivi collegati in punti molto distanti l'uno dall'altro, anche nell'ordine di parecchi chilometri.

⁷ Bundled Hardware: sistema in cui tutto l'hardware e il software utili al lavoro risiedono sulla stessa macchina.

⁸ Sunk Cost: anche chiamati costi retrospettivi sono quei costi che non è possibile recuperare con il tempo, sono in contrasto con i costi di prospettiva. [http://en.wikipedia.org/wiki/Sunk_costs]

Nei primi anni 60, anni in cui i mainframe⁹ computer erano molto costosi, ricercatori e scienziati incominciavano a pensare a modi per rendere disponibili computer con potenza di larga scala ad un numero molto elevato di utenti, era proprio in questo momento che brillanti idee sulla computazione come un servizio pubblico incominciavano a farsi strada fra gli studiosi dell'epoca.

“Computing may someday be organized as a public utility just as the telephone system is a public utility”, disse il professor John McCarthy alla celebrazione dei 100 anni della MIT nel 1961 e ci aveva visto lungo. [8]

Più tardi, con i computer che diventavano sempre più economici, questa idea andò via via affievolendosi. Fino alla seconda metà degli anni 90 in cui l'aumento dell'uso di Internet ha portato le grosse aziende informatiche come Amazon, Google, Microsoft, ecc... che basavano molti dei loro introiti sul web, a cominciare ad investire ingenti quantità di liquidi nei loro data center.

A causa di carichi di lavoro per nulla uniformi e variabili nel tempo, l'utilizzo medio dei loro server era inizialmente al 10%, un livello bassissimo che avrebbe portato il sistema a non essere adottato come è attualmente. Così, molto presto realizzarono che bisognava trovare un rimedio e individuavano di poter far fronte a tutto ciò consolidando i diversi carichi di loro con pattern di utilizzo complementari in modo da migliorare l'efficienza dei loro server e potendo poi far diventare un modello economico noleggiare le risorse al pubblico. Amazon lanciò così il primo servizio Cloud chiamato Amazon Web Services (AWS) in una propria utility nell'ormai “lontano” 2006. Poco dopo il lancio da parte dell'azienda americana, diverse altre start-up iniziarono ad optare per il Cloud Computing invece di comprare server molto costosi evitando di accollarsi l'alto investimento iniziale che l'acquisto di queste grosse macchine poteva comportare.

Con l'aumentare delle persone e soprattutto delle aziende che cominciavano a intuire l'enorme potenziale del Cloud, ad inizio 2007, OpenNebula [9] divenne il primo software open-source per la distribuzione di Cloud privati ed ibridi (Private and Hybrid Cloud). Eucalyptus divenne inoltre la prima piattaforma compatibile di API di AWS per distribuire il sistema Cloud.

Tecnicamente, il Cloud computing non è un concetto nuovo ma è un termine che deriva dall'evoluzione di cluster, dalla virtualizzazione dei Grid, da Internet e l'architettura orientata ai servizi (SOA), ecc... I cluster includono diversi nodi computazionali omogenei tra loro che vengono usati tutti insieme per risolvere un problema in un tempo minore. Il paradigma di programmazione di cui i cluster facevano uso era il Message Passing Interface (MPI). I grid computing sono invece nodi eterogenei disaccoppiati, distribuiti su larga scala e dislocati in posizioni differenti. Il Cloud eredita alcune caratteristiche dai Grid come l'approvvigionamento autonomo delle risorse. Le risorse infrastrutturali dei Cloud sono principalmente virtualizzate, e questo è un aspetto molto importante. I servizi Cloud

⁹ Mainframe computer: tipologia di computer caratterizzata da prestazioni di elaborazione di alto livello e di tipo centralizzato. [<http://it.wikipedia.org/wiki/Mainframe>]

utilizzano la virtualizzazione per fornire l'approvvigionamento dinamico delle risorse. Il SOA è una metodologia di design al cui interno i servizi interagiscono con gli altri usando un'interfaccia ben definita. I servizi Cloud sono basati sui principi di design del SOA che rendono le applicazioni basate proprio sul SOA facilmente integrabili col Cloud. I servizi Cloud, per loro natura, possono essere richiesti in qualsiasi momento, in base alle proprie esigenze purchè ci sia sotto una rete Internet robusta e senza problemi, perché è proprio attraverso Internet che i servizi Cloud vengono distribuiti.

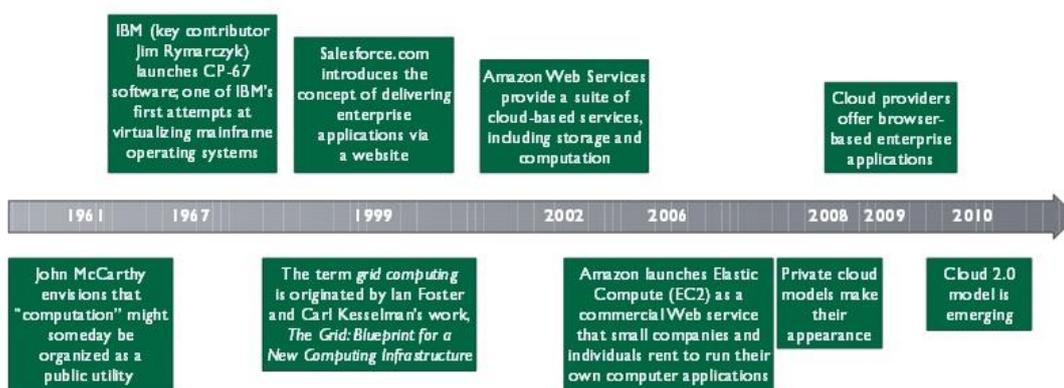


Figura 1 Le tappe storiche del Cloud computing

1.3 Definizioni

La miglior definizione del Cloud Computing è sicuramente quella proposta dal NIST ovvero l'Istituto Nazionale degli Standard e della Tecnologia degli Stati Uniti, il quale afferma che: *“Cloud Computing is a model of enabling convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g. networks, servers, storage, applications, and service) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction.”* [10]

L'accesso al cloud è definito come *ubiquitous*, ossia raggiungibile da qualsiasi parte del mondo e in qualsiasi momento. Con *convenient*, si intende che le risorse vengono richieste e rilasciate attraverso meccanismi prestabiliti, sia attraverso interfaccia web che attraverso set di API per lo scaling automatico delle risorse. Il termine *on demand* sta a significare che le risorse Cloud possono essere acquistate solo in caso di bisogno e possono essere subito rilasciate quando non sono utilizzate.

Sono incerte le origini del termine Cloud Computing, nel 1997 NetCentric provò a rendere 'Cloud Computing' un marchio registrato ma poi dovette rinunciarvi nel 1999; nel 2001 John Markoff in un articolo pubblicato sul New York Times relativo ad una nuova piattaforma chiamata Hailstrom proposta da Microsoft utilizza il binomio "Cloud of Computers".

Probabilmente, la paternità del termine nel suo insieme di significati è però da attribuire al presidente e CEO di Google Eric Schmidt che per primo associa le due parole nell'agosto 2006 durante una conferenza sui motori di ricerca [11]. Poche settimane dopo quando anche Amazon utilizza la parola "cloud" per indicare il suo progetto EC2 così il termine incominciò a diventare di uso corrente, uno dei più utilizzati nel campo informatico da quei momenti in poi.

1.4 Caratteristiche principali

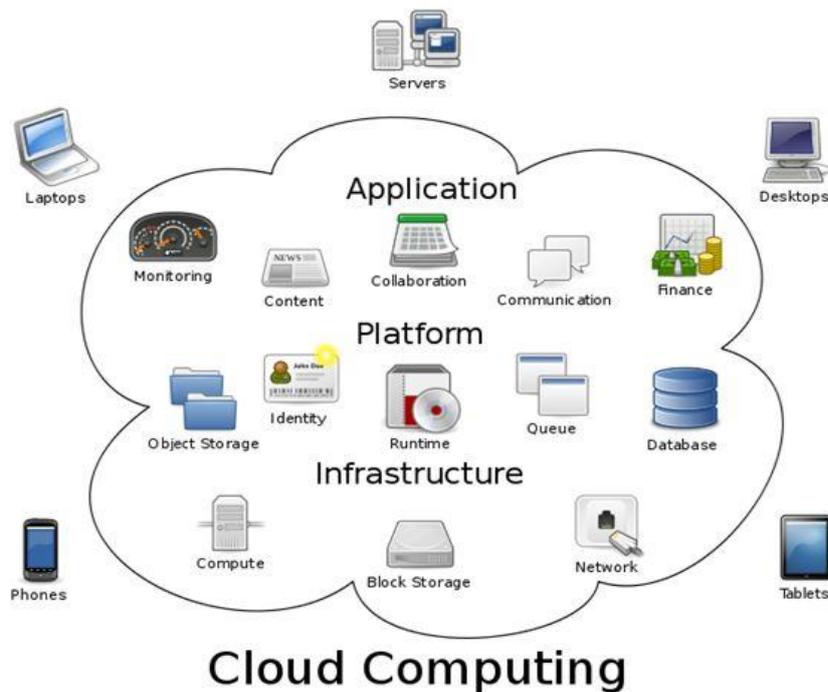


Figura 2 Architettura di un sistema Cloud

L'architettura Cloud è formata principalmente da due parti: fornitore del servizio Cloud e l'utente del servizio che può accedervi da qualunque dispositivo come portatili, telefoni, computer desktop, ecc... tramite la rete Internet come è possibile vedere dalla figura qua sopra. Il fornitore dei servizi Cloud è l'entità che ospita i servizi Cloud e l'utente è colui che li richiede e li utilizza. Il fornitore di solito pone davanti a sé a un componente che interagisce

con gli utenti Cloud. Questo componente fornisce le risorse computazionali necessarie agli utenti in forma di infrastruttura, di piattaforma e di software; è una parte di un'entità software che controlla e gestisce l'approvvigionamento delle risorse e viene chiamato sistema operativo Cloud (Cloud OS).

Le caratteristiche chiave di un sistema Cloud sono molteplici:

- **Controllo Autonomo delle risorse:** la complessità dei sistemi Cloud ha reso praticamente obbligatorio fornire il controllo autonomo delle risorse. In questo modo i fornitori dei servizi non devono gestire ogni richiesta dell'utente in maniera separata, questo lavoro viene fatto automaticamente. Gli utenti dei servizi Cloud hanno bisogno di ottenere le risorse computazionali su richiesta e i fornitori devono prevedere l'aumento/diminuzione delle risorse richieste senza l'intervento umano. Di solito questo compito spetta al sistema operativo Cloud, quest'ultimo gestisce l'approvvigionamento delle risorse basandosi su di un insieme di politiche (come gli obiettivi di schedulazione, le politiche di scaling automatico delle risorse, gli obiettivi a livello di servizio, ecc...) definiti dall'amministratore, dagli utenti Cloud oppure da un accordo preventivo tra le due parti.
- **Concetto del Resource Pooling e Multitenancy:** le risorse vengono allocate in base alle richieste di servizio inoltrate dai clienti. Lo stesso insieme di risorse in un certo periodo di tempo può essere allocato e riallocato da diversi servizi richiesti da utenti differenti. Inoltre, a molteplici utenti posso essere assegnate risorse provenienti dallo stesso server fisico, questa caratteristica si chiama in gergo informatico Multitenancy, il termine non ha un equivalente in italiano ma si riferisce ad una architettura software in cui una singola istanza del suddetto software gira su un server ed è utilizzata da più di una organizzazione client (**tenant**). La multi-tenancy rappresenta il concetto opposto all'architettura multi-istanza, nella quale separate istanze del software sono dedicate alle client organization¹⁰. In questo modo viene notevolmente migliorata l'utilizzazione di tutto il sistema di risorse infrastrutturali in relazione alla condivisione delle risorse.
- **Elasticità e Scalabilità:** l'elasticità è una caratteristica fondamentale per i sistemi Cloud, è anche quella più acclamata ed esaltata perché permette agli utenti di acquisire e rilasciare le risorse computazionali dinamicamente. I sistemi Cloud facilitano l'acquisizione dei servizi basata sull'utilizzo perciò gli utenti non hanno bisogno di pianificare gli utilizzi futuri visto che possono tranquillamente assumere che il sistema faccia questo lavoro per loro. Dall'altra parte la scalabilità è l'abilità di un'applicazione di sostenere un carico di lavoro molto più elevato di quello presente approvvigionando più risorse ad esso. L'elasticità fornisce un modo

¹⁰ Definizione tratta da: [<https://it.wikipedia.org/wiki/Multi-tenant>]

conveniente per le applicazioni scalabili per aumentare/diminuire le risorse nel tempo.

- **Modello Pay per Use o Pay-as-you-go:** il Cloud Computing è un modello che ti fa pagare solo per ciò che utilizzi realmente, ossia in base alle risorse che vengono richieste in un determinato momento. Ogni utente informatico era abituato, fino all'avvento dei sistemi Cloud, a dover acquisire le risorse massime possibili per poter sostenere gli elevati picchi di carico a cui poteva far fronte durante il suo lavoro. Questa caratteristica dei sistemi Cloud può essere quindi adottata in particolare da quegli utenti il cui carico di lavoro varia nel tempo in base a determinate condizioni, così da poter venire richiesta dagli utenti una determinata mole di risorse in base alle proprie esigenze e pagare di conseguenza solo il necessario senza sprechi inutili di denaro. Gli utenti possono ad esempio richiedere maggiori risorse per un breve lasso di tempo allo scopo di completare il loro lavoro, visto che il costo di utilizzo di una macchina virtuale¹¹ in Cloud per 500 ore equivale ad utilizzare 500 macchine virtuali della stessa configurazione per un'ora.
- **Accesso globale alle risorse tramite la rete:** i servizi Cloud per loro natura sono accessibili attraverso la rete attraverso i meccanismi standard di connessione. Per il Cloud *pubblico*, il meccanismo standard è Internet. I clienti possono così accedere in qualsiasi momento e da qualsiasi momento ai loro servizi Cloud senza preoccuparsi del funzionamento di sistemi di memorizzazione, calcolo, ecc... in loco.

¹¹ Macchina Virtuale (VM) è un software che emulano un computer dentro al proprio sistema operativo trattandolo come un programma normale così da avere un computer virtuale all'interno di un computer fisico.

2. Modelli di distribuzione dei servizi Cloud

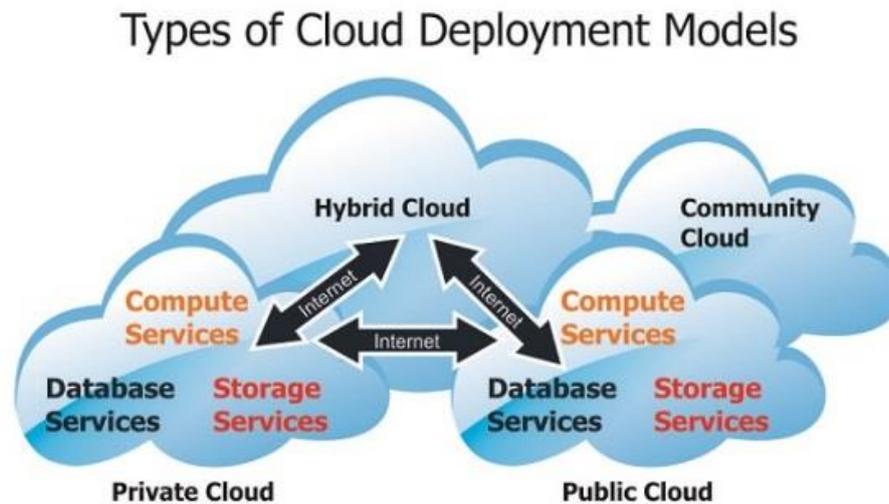


Figura 3 Tipi di modelli di distribuzione dei servizi Cloud

I servizi Cloud possono essere distribuiti in diversi modi, in base a certi requisiti imposti dall'utente come disponibilità di manodopera che gestisca le risorse, sensibilità al trattamento di dati personali, dallo scopo di utilizzo da parte dell'utente, dal livello di performance richiesto, ecc...

In seguito si andranno ad esaminare i vari tipi di modello e in base alle loro proprietà sarà possibile determinare l'adeguatezza di un modello rispetto ad un altro per le esigenze di ciascun utente. I modelli di distribuzione più comuni sono i seguenti:

2.1 Private Cloud

Quando l'infrastruttura del sistema Cloud è accessibile solamente da una singola azienda oppure da un gruppo per il suo esclusivo uso interno vi sarà un modello di tipo Privato. Le risorse fisiche possono essere ospitate internamente all'organizzazione (ad esempio un'azienda informatica) oppure anche esternamente. Il Cloud Privato può seguire le politiche di sicurezza dell'organizzazione perciò può fornire un maggiore livello di sicurezza sia per i dati che per le applicazioni rispetto al Cloud pubblico. Un altro vantaggio è la possibilità di fornire un maggior controllo sulle performance, visto che il controllo fisico dell'hardware è effettuato direttamente dall'organizzazione. Esempio di private Cloud è VmWare.

Private Cloud Inside Enterprise Data Center

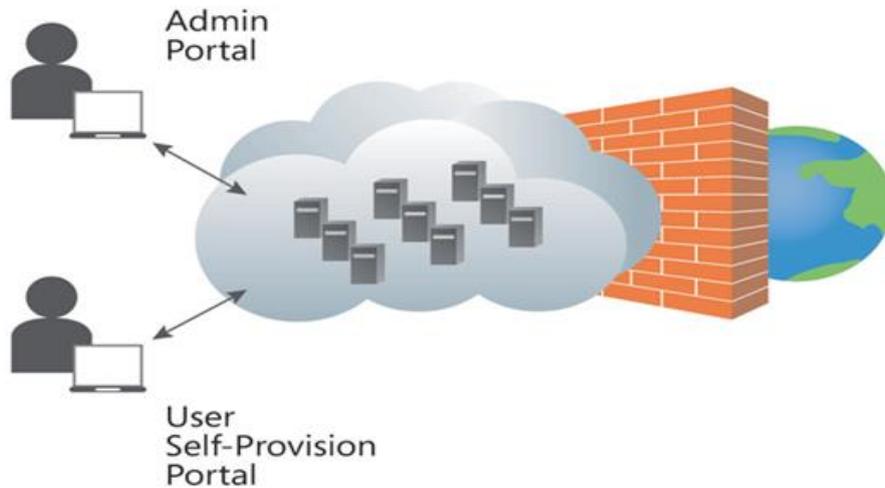


Figura 4 Modello di funzionamento di un Private Cloud

2.2 Public Cloud

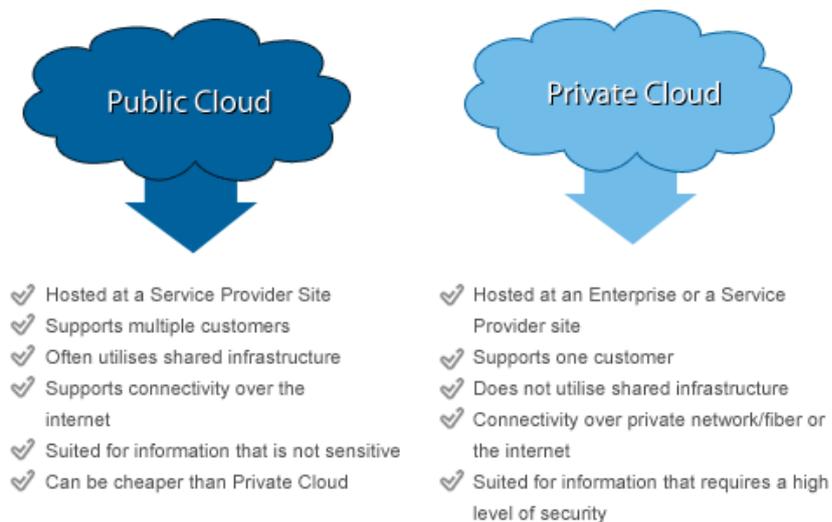


Figura 5 Principali differenze tra Public e Private Cloud

Quando il fornitore distribuisce e gestisce i propri servizi destinati al pubblico, il modello viene chiamato Cloud Pubblico. Generalmente, i più grandi fornitori di servizi Cloud pubblici come Amazon AWS, Microsoft e Google, sono proprietari dell'infrastruttura e offrono l'accesso solo attraverso Internet. I servizi offerti possono essere offerti gratuitamente, con risorse limitate, oppure a consumo (Pay-per-use o Pay-as-you-go). Gli utenti e i fornitori stipulano una sorta di contratto tra di loro, in gergo tecnico chiamato

Service Level Agreement (SLA) al cui interno vengono inserite le varie clausole legate al livello di qualità (QoS) del servizio fornito, spesso in questi casi il fornitore applica unilateralmente il proprio SLA uguale per tutti e l'utente dovrà adattarsi al contratto esistente. Se questo SLA non viene garantito, il fornitore sarà tenuto a pagare una penale all'utente come di solito stabilito all'interno dello SLA. Inoltre, la sicurezza e la privacy dei dati degli utenti è gestita direttamente dal fornitore del servizio visto che i dati sono ospitati proprio sul Cloud del fornitore, c'è scetticismo anche negli ultimi tempi la preoccupazione per la violazione dei propri dati personali attraverso servizi Cloud gestiti in questo modo.

2.3 Community Cloud

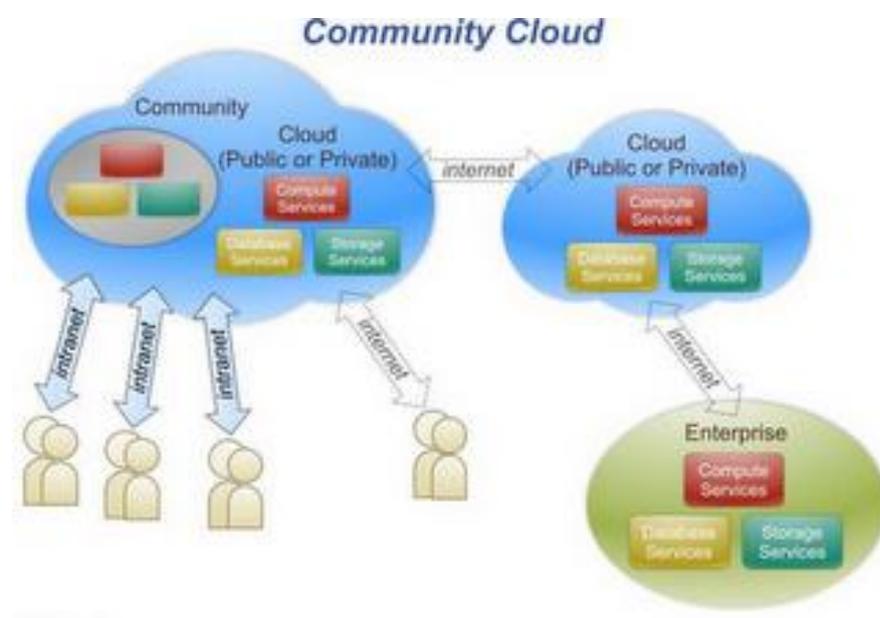


Figura 6 Modello di funzionamento di un Community Cloud

Quando l'infrastruttura e le risorse computazionali è condivisa tra diverse organizzazioni che condividono caratteristiche ed obiettivi comuni come requisiti di sicurezza e/o politiche aziendali, questo modello viene chiamato Community Cloud. Della gestione dell'infrastruttura si occupa una delle organizzazioni facente parte del gruppo di condivisione e i costi vengono ripartiti tra le varie organizzazioni secondo politiche prestabilite e condivise da tutti i membri dell'organizzazione.

2.4 Hybrid Cloud

Quando l'infrastruttura è ottenuta dalla composizione di più Cloud (public, private o community) si parla di modello ibrido quindi di Hybrid Cloud. E' fondamentale per questo

modello differenziare al meglio i servizi che devono appartenere al private Cloud e quali al public Cloud. I soggetti, in questi casi, rimangono unici ma sono legati assieme per garantire una maggiore integrità dei dati. Attraverso i modelli ibridi le aziende riescono ad ottenere ottimi risultati in termini di affidabilità e gestione dei guasti grazie alla loro indipendenza da Internet.

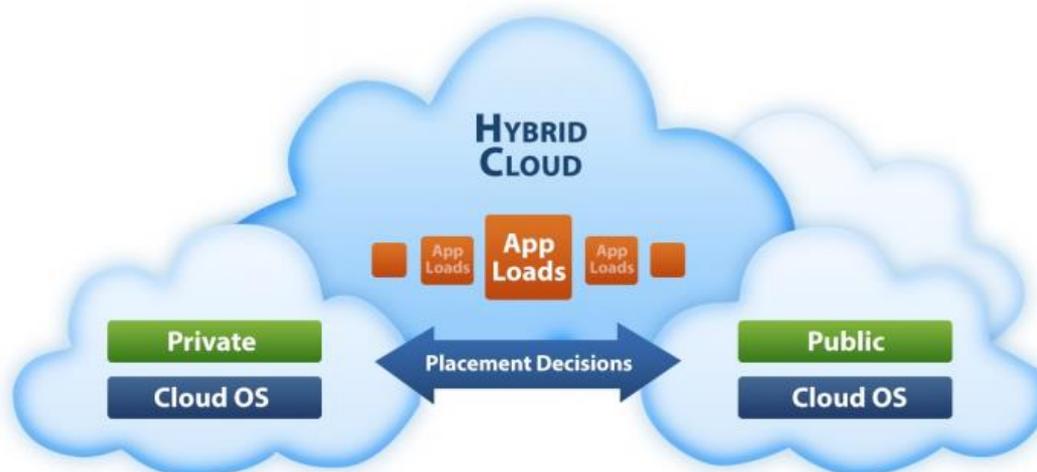


Figura 7 Modello di funzionamento di un Hybrid Cloud

2.5 Vantaggi e Svantaggi

Il Public Cloud è generalmente destinato all'utente privato o alle grandi industrie. Presenta un gran numero di vantaggi ma anche alcuni svantaggi non di poco conto. Di seguito si elencano i vantaggi principali derivati dall'adozione di questi sistemi:

- Disponibilità dei dati e uptime¹² continuo.
- Supporto tecnico 24/7 continuo.
- Scalabilità ed elasticità automatica quando necessario pagando in base all'utilizzo effettivo e non in base a un canone fisso.
- Installazione semplice e a basso costo iniziale e nel tempo.
- Nessuno spreco né di soldi per il cliente, né di risorse per il fornitore grazie al modello Pay-as-you-go.

Uno degli ostacoli maggiori per i sistemi Public Cloud è la sicurezza e la privacy dei dati caricati sul Cloud, è possibile che il cliente spesso non sappia ne dove risiedono i propri dati né se vengano salvati in copie di backup e soprattutto nemmeno se utenti non autorizzati possono avere accesso a questi dati. L'affidabilità è un altro punto dolente per i Public Cloud, l'interruzione della fornitura dei servizi da parte del provider per problemi di qualsiasi natura

¹² Uptime: l'intervallo di tempo in cui un sistema informatico è acceso ininterrottamente e correttamente funzionante.

potrebbero bloccare i siti/web, i processi di produzione e qualsiasi processo che si basa su questi sistemi per funzionare, lasciando i propri clienti senza il servizio per molte ore. Per questo il cliente deve valutare attentamente quali dati portare sul Cloud in modo da assicurare che la privacy sia mantenuta, che le politiche aziendali siano rispettate e per assicurare che il passaggio ai servizi Cloud porti effettivi benefici per l'utente. Generalmente l'offerta di servizi del Cloud provider non riflette le necessità di sicurezza e privacy di un utente o di un'azienda specifica ma ogni utente, prima di passare all'utilizzo di un Public Cloud dovrebbe accertarsi che il sistema sia configurato, distribuito e gestito in modo da soddisfare le esigenze di sicurezza, privacy e di tutti gli altri requisiti.

I servizi maggiormente adatti all'utilizzo di un sistema Public Cloud sono:

- Servizi che richiedono memorizzazione a lungo termine
- Servizi di memorizzazione di qualsiasi tipo, specialmente se presenti su dispositivi fisici che spesso vanno in errore
- Servizi web di qualsiasi natura e che posso presentare notevoli picchi di lavoro oppure vengono eseguiti a distanza di molto tempo dall'esecuzione precedente
- Servizi che richiedono ambienti di testing
- Qualsiasi applicazione che presenta un carico di lavoro variabile nel tempo

L'unico grande vantaggio offerto dal Private Cloud rispetto al Public Cloud è dato dalla sicurezza dei dati e dal rispetto della privacy su di essi. Il Private Cloud è ospitato sempre nei data center dell'azienda che utilizza i servizi presenti su di esso per cui fornisce una maggiore sicurezza rispetto al Public Cloud nonostante i grossi passi avanti fatti dal Public Cloud negli ultimi anni la risoluzione o quantomeno la riduzione di questo problema. In termini prettamente economici anni fa si poteva asserire che l'adozione al Private Cloud sarebbe stata una via sicuramente più economica rispetto al Public Cloud ma i costi di mantenimento del software e dell'hardware imputati all'azienda che gestisce il Private Cloud hanno fatto sì che non ci sia più un effettivo guadagno anzi il Public Cloud ad oggi conviene visto anche i bassissimi prezzi offerti dalle grandi aziende e grazie anche alla eliminazione delle spese hardware per i sistemi Cloud. Inoltre il Private Cloud permette un maggiore controllo sull'infrastruttura e sulle risorse computazionali anche se non potrà mai raggiungere livelli di scalabilità ed elasticità propri dei sistemi Public e di cui parleremo ampiamente nei capitoli successivi.

I servizi che meglio si adattano ai Private Cloud sono:

- Servizi che richiedono alti livelli di performance nell'accesso ad un file system, come ad esempio un'azienda che lavora nel campo della produzione di grossi file video.
- Applicazioni usate poco di frequente e che pertanto non richiedono lo sforzo (più che altro in termini di tempo) di migrazione verso un Public Cloud.
- Applicazioni che presentano un pattern di utilizzo prevedibile e richiedono bassi costi di memorizzazione.

L'Hybrid Cloud offre il basso costo e i benefici nella scalabilità ed elasticità dei Public Cloud e offre la sicurezza e il controllo del Private Cloud, per le numerose caratteristiche positive ereditate dagli altri modelli è diventato uno dei modelli più in crescita sul mercato. Come dice Nicole Herskowitz, direttore marketing per la piattaforma Microsoft Azure, sugli Hybrid Cloud *“Prices aside, customers are using Azure ... for its hybrid capabilities that enable existing on-premises environments to seamlessly bridge with the public cloud.”* [12] Herskowitz asserisce inoltre che l'Hybrid Cloud è una realtà per la vasta maggioranza delle aziende moderne (*“a reality for the vast majority of organizations.”*). Riesce a garantire una maggior flessibilità alle aziende e viene spesso utilizzato per forzare il proprio carico di lavoro verso il Public Cloud per velocizzare il soddisfacimento delle richieste. Ci sono diversi vantaggi nell'adozione di un sistema Hybrid Cloud:

- Riduzione delle spese visto che è parte dell'infrastruttura di un'azienda, le richieste sono demandate verso il Public Cloud in quanto ha un'infrastruttura molto più veloce.
- Miglioramento dell'allocazione delle risorse per progetti temporanei a costo ridotto in quanto l'uso del Public Cloud elimina il bisogno di investimenti per realizzare tutti i progetti
- Aiuta nell'ottimizzazione dell'utilizzo dell'infrastruttura nel corso dei diversi livelli di vita dell'applicazione. Public Cloud può essere usato per lo sviluppo e il testing mentre il Private Cloud può essere utilizzato per la messa in produzione. Il Public Cloud potrebbe anche essere utilizzato per ritirare l'applicazione che potrebbe non essere più necessaria a causa del cambiamento del sistema SaaS, tutto ciò ad un costo nettamente minore rispetto all'utilizzo di un'infrastruttura dedicata residente sui computer aziendali.
- Offre i controlli disponibili di un Private Cloud insieme all'abilità di una scalabilità estremamente rapida fornita dal Public Cloud.
- Fornisce la caratteristica di Cloud-bursting ossia un modello di distribuzione delle applicazioni nel quale le applicazioni girano sul Private Cloud e in caso di necessità computazionale maggiore vengono fatte girare sul Public Cloud con un metodo di pagamento Pay-per-use.

Non mancano però i punti negativi per gli Hybrid Cloud come ad esempio:

- Aumenta la possibilità di attacco al sistema da parte di agenti esterni visto che vengono allargati i confini all'esterno dei confini aziendali che, di norma, potevano garantire una maggiore sicurezza.
- Aumentano i rischi associati alle politiche di sicurezza collegati all'ambiente ibrido.
- L'Hybrid Cloud facilita il passaggio dei dati da un Private Cloud ad un Public Cloud, in questo modo aumentano notevolmente i problemi legati alla privacy e all'integrità dei dati dato che i controlli sono di norma minori sul Public Cloud.

I vantaggi dell'adozione di un Community Cloud sono vari:

- Costi di installazione minori rispetto a quelli di un Private Cloud grazie alla condivisione dei costi tra tutti i partecipanti al gruppo di aziende coinvolte.
- La gestione di questi sistemi viene di solito effettuata dai Cloud provider, quindi esternamente al sistema. Il vantaggio è che il provider sarà una parte imparziale che è costretta per contratto e non ha preferenze per nessuno dei propri clienti.
- Gli strumenti che risiedono nel Community Cloud possono essere utilizzati per far leva sulle informazioni memorizzate per servire al meglio i clienti delle aziende e per migliorare tutta la catena di lavoro come la produzione e la distribuzione dei propri prodotti/servizi.

Gli svantaggi nell'utilizzo di un Community Cloud sono:

- Costo maggiore rispetto al Public Cloud
- Lo spazio di memorizzazione e la quantità di banda disponibile saranno condivisi tra tutti i membri della comunità quindi ci saranno minori performance.

3. Tipologie di servizi offerti (Service Models)

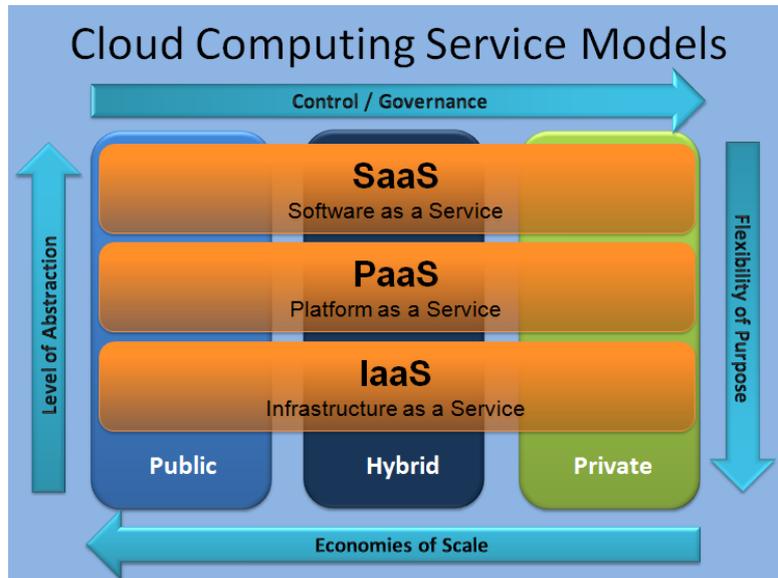


Figura 8 Interazioni tra Service Models e Deployment Models

I vari modelli di distribuzione discussi nel capitolo 2 possono essere utilizzati per fornire diverse tipologie di servizi. Un modello di servizio rappresenta la struttura dei servizi e sottolinea le dipendenze tra di essi. Esistono 5 principali tipologie di servizi Cloud descritte nel seguito.

3.1 Software as a Service (SaaS)



Figura 9 Modello di funzionamento servizi SaaS

SaaS è un modello di servizio che fornisce accesso al software e alle sue varie funzioni attraverso un server web, quindi ospitate su un Cloud e raggiungibili attraverso internet. Le applicazioni SaaS hanno una gestione centralizzata grazie alla quale gli utenti non si devono preoccupare dell'installazione, della manutenzione, del supporto e dell'aggiornamento del software perché viene tutto gestito dal fornitore del servizio. Il fornitore del servizio può distribuire questo servizio usando due tipi di architetture:

- **Multi-tenant:** in questo modello, numerosi utenti possono usare lo stesso software con le stesse funzionalità anche in maniera contemporanea. I dati per i diversi clienti vengono immagazzinati in database condivisi. Grazie al fatto che può essere utilizzato da diversi utenti, questa architettura aiuta nella standardizzazione delle funzionalità ma dall'altro lato ha delle limitazioni dal punto di vista della qualità del servizio (QoS).
- **Single-tenant:** con questo modello, ogni utente ha il suo ambiente isolato per l'utilizzo del software e questo aumenta la sicurezza del sistema rispetto a modello multi-tenant. Gli utenti SaaS possono anche settare una propria configurazione in base alle proprie esigenze. Ma ovviamente in questo caso ci sarà un maggiore utilizzo di risorse, il sovraccarico di lavoro sarà importante per il fornitore rispetto al modello multi-tenant e di conseguenza la possibilità di personalizzazione comporterà una maggiore spesa per gli utenti.

L'utente potrà optare per una o l'altra architettura in base alle proprie esigenze di configurazione, personalizzazione, sicurezza, ecc...

Per un utilizzo generico senza particolari richieste di personalizzazione e senza speciali bisogno di QoS, un modello multi-tenant sarà di sicuro l'opzione migliore. Per utenti sensibili alla sicurezza dei dati e con precise richieste di modifica al software, il modello single-tenant è sicuramente il più indicato. L'esempio più rilevante per questa tipologia di servizi è Salesforce, ritenuto il fondatore dell'industria del Cloud SaaS ma come possiamo vedere nella figura successiva anche Facebook, Google, Apple e Microsoft presentano applicazioni SaaS di una certa rilevanza, utilizzate al giorno d'oggi da milioni di persone in tutto il mondo. Nella figura che segue possiamo vedere alcuni esempi di tipologia SaaS e il modello di fruizione del servizio.

COMPANY	PRODUCT(S)	PRODUCT TYPE	PRICING MODEL
Google	Google Apps (Docs, Gmail, Talk)	Office Suit, Social	Pay-as-You-Go
SalesForce	SalesForce.com	CRM	Pay-as-You-Go (Monthly)
Facebook	Facebook	Social networking	Free, Pay-as-You-Go
Apple	iCloud (iTunes, iWork, iLife)	Media suit, Office suit	Free, Pay-as-You-Go
Microsoft	Microsoft Office 365	Office Suit	Subscription

Figura 10 Esempi di servizi SaaS

3.2 Platform as a Service (PaaS)

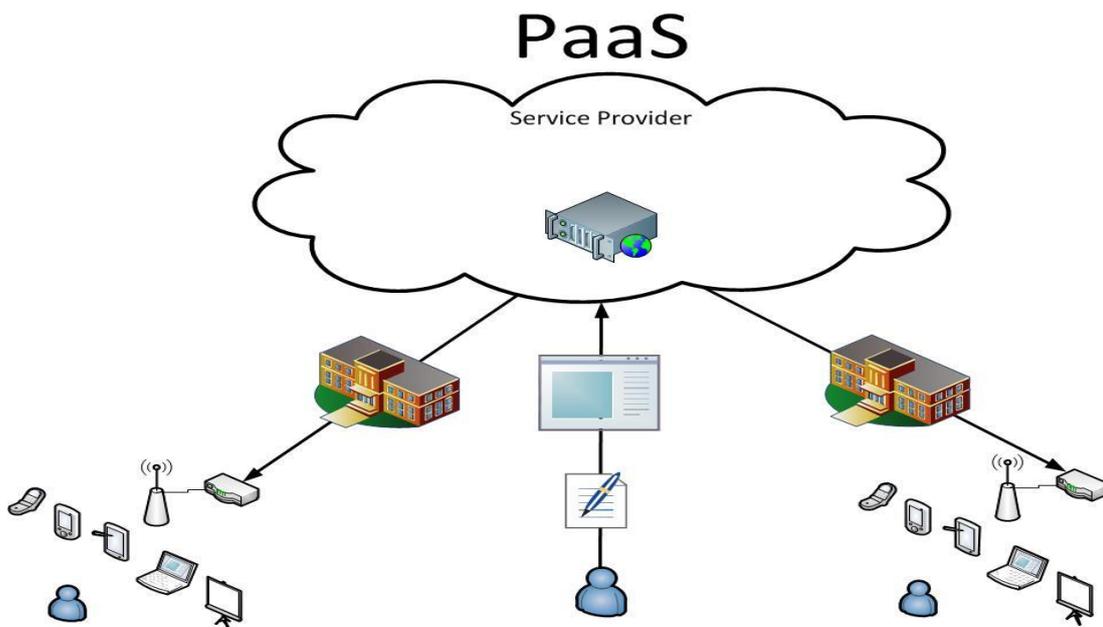


Figura 11 Struttura di un servizio PaaS

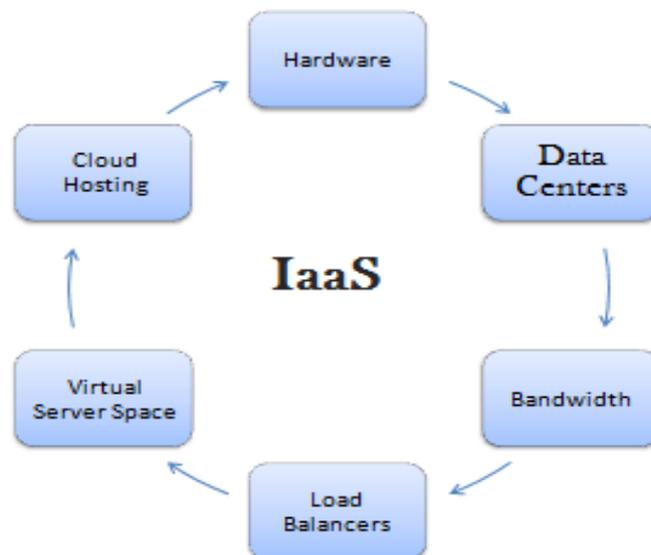
PaaS fornisce la piattaforma per implementare applicazioni software come un servizio all'utente. La piattaforma può includere linguaggi di programmazione, insiemi di librerie, funzionalità grafiche, ambienti di test, ecc... PaaS fornisce un metodo estremamente più facile per gli sviluppatori (che sono anche i clienti per il PaaS) per creare e distribuire software su una infrastruttura Cloud. Inoltre, i fornitori SaaS possono anche distribuire le proprie applicazioni sulle piattaforme da loro fornite. Il beneficio nell'utilizzo dei modelli PaaS per gli sviluppatori è che si possono focalizzare meglio sullo sviluppo dei loro software piuttosto che impegnare ore lavorative sulla manutenzione e l'aggiornamento della

piattaforma stessa. Per esempio, Google App Engine¹³ permette di ospitare e di sviluppare applicazioni web nei propri data center. L'Amazon Elastic Beanstalk¹⁴ fornisce un ambiente di sviluppo sulla propria infrastruttura Amazon Cloud ed anche Microsoft Azure fornisce il proprio modello PaaS mettendo a disposizione API¹⁵, kit di sviluppo per linguaggi di programmazione come .NET, Java, PHP, Python e molti altri servizi. Nella figura seguente possiamo vedere alcuni dei maggiori esempi di tipologia PaaS e il modello di fruizione del servizio.

COMPANY	PRODUCTS	PRICING MODEL
Microsoft	Microsoft Azure	Pay-as-you-go (6 months, yearly)
SalesForce	Force.com	Pay-as-you-go (yearly)
Google	Google App Engine	Pay-as-you-go (monthly)
Appistry	Cloud IQ	Pay-as-you-go (monthly)
GCloud 3	gPlatform	Pay-as-you-go (monthly, yearly)

Figura 12 Esempi di servizi PaaS

3.3 Infrastructure-as-a-Service (IaaS)



¹³ Raggiungibile via web alla pagina <https://cloud.google.com/appengine/docs>

¹⁴ Raggiungibile via web alla pagina <https://aws.amazon.com/it/elasticbeanstalk/>

¹⁵ API è l'acronimo di Application Program Interface che indica un insieme di procedure disponibili al programmatore utili all'espletamento di un determinato compito all'interno di un certo programma

IaaS fornisce le macchine fisiche, le macchine virtuali, il sistema operativo e tutte le varie risorse hardware come un servizio per gli utenti. In questa struttura diversi server possono lavorare in parallelo nello stesso momento in maniera del tutto concorrente. Chi usufruisce di questa topologia di servizio è esentato da qualsiasi problema di manutenzione hardware grazie alla scalabilità e all'affidabilità del servizio. Le macchine virtuali sono un'astrazione dell'hardware perciò permettono di fornire i servizi agli utenti in maniera più flessibile. La virtualizzazione è una delle tecnologie fondamentali per la fornitura di astrazione negli IaaS Cloud in quanto fornisce un ambiente isolato che rimane a totale controllo dell'utente. IaaS permette agli utenti Cloud di installare il loro set di software nell'ambiente virtualizzato. I potenziali utenti per IaaS sono i fornitori PaaS, i fornitori SaaS ed altri utenti ed aziende che desiderano lavorare su un ambiente isolato per ospitare le proprie applicazioni. Esempi di cloud pubblici IaaS sono Amazon Elastic Compute Cloud (EC2)¹⁶ e Google Compute Engine. Nella figura di seguito possiamo trovare l'elenco di alcuni esempi di servizi IaaS e il modello di fruizione del servizio.

COMPANY	PRODUCT/ SERVICE	PRICING MODEL
Amazon	EC2, S3	Pay-as-you-go
Rackspace	Cloud Servers	Pay-as-you-go
GoGrid	Cloud Servers, Load Balancers, Cloud Storage	Pay-as-you-go, monthly, semester, yearly
Terremark	Enterprise Cloud	Pay-as-you-go
SoftLayer	Cloud Layer	Pay-as-you-go, monthly

Figura 13 Esempi di servizi IaaS

3.4 Hardware as a Service (HaaS)

HaaS viene utilizzato quando le risorse a disposizione dei computer non sono sufficienti per elaborare la grande quantità di dati richiesta. Con questo modello gli utenti hanno completo accesso all'architettura Cloud messa a disposizione del provider, usufruiscono delle risorse fisiche e virtuali di questa infrastruttura e riescono a creare più istanze virtuali (anche illimitate). E' attualmente la tipologia di servizio più difficile da realizzare, per via degli altissimi investimenti richiesti. Solitamente i provider di soluzioni HaaS forniscono servizi come il Load Balancing, lo storage Cloud e diversi altri strumenti per la gestione del networking all'interno della propria rete nell'infrastruttura Cloud. Il modello di Amazon

¹⁶ Amazon EC2 disponibile su: <http://aws.amazon.com/it/ec2/>

EC2¹⁷ è il più famoso ed è un modello in cui non vi è alcun limite di utilizzo, il cliente può utilizzare il server liberamente, installando il sistema operativo che desidera e utilizzandolo insieme ad altre istanze virtuali per bilanciare il carico delle sue applicazioni online come viene spiegato nei capitoli successivi.

3.5 Data as a Service (DaaS)

DaaS è una strategia di Cloud utilizzata per facilitare l'accesso ai dati, il servizio li rende disponibili all'utente come se fossero presenti nel disco locale del computer. DaaS elimina la ridondanza e riduce le spese presentando tutti i dati in una singola locazione, rendendo possibile l'accesso ai dati a più utenti contemporaneamente senza riguardo della posizione geografica da cui vengono utilizzati. Potenziali problemi per questo modello possono essere la perdita dei dati in caso di disastro e soprattutto la sicurezza dei dati ma presenta i seguenti benefici: *agilità* in quanto i dati sono facilmente accessibili, i clienti possono prendere azioni immediate senza preoccuparsi di studiare in profondità il contenuto dei dati e la *qualità dei dati* visto che l'accessibilità è controllata attraverso dei data services che migliorano la qualità dei dati in quanto che c'è un solo punto di update per tutti.

3.6 Vantaggi e Svantaggi

La tipologia di servizi SaaS forniscono diversi vantaggi per le imprese:

- **Abbassamento dei costi di servizio:** quando un'azienda acquista un software per utilizzo in loco deve affrontare i costi iniziali di acquisto, quelli per il mantenimento della licenza nonché quelli per l'acquisto di hardware aggiuntivo, quelli per aumentare la sicurezza e quelli di supporto tecnico e di formazione delle risorse umane. Tutti questi costi possono essere abbattuti con l'utilizzo di un modello SaaS visto che le applicazioni software sono installate e gestite dal Cloud provider. Le aziende dovranno far fronte alle spese di sottoscrizione al servizio che acquistano senza ulteriori spese nascoste collegate a mantenimenti di licenza e di utilizzo del supporto tecnico. Le applicazioni SaaS multi-tenant permettono ai Cloud provider di fornire servizi a costo nettamente minore rispetto ai modelli tradizionali cablati per l'utente (single-tenant).
- **Velocizzazione dei processi di business:** Con il modello SaaS, le aziende non necessitano più di utilizzare il loro tempo gestendo e aggiornando le applicazioni software dato che a questi problemi penserà, anche in questo caso, il Cloud Provider in modo che il tempo di processo verso il cliente dell'azienda sia notevolmente ridotto. La documentazione del processo di business può essere velocizzata

¹⁷ Raggiungibile da <https://aws.amazon.com/it/ec2/>

automatizzando i processi. Il vantaggio maggiore nell'adozione a sistemi a modello SaaS è la rapid elasticity, con la quale la potenza computazionale e le potenzialità di memorizzazione possono scalare istantaneamente sia aumentando che diminuendo le risorse utilizzate generando notevoli riduzioni di prezzo e di utilizzo di risorse di cui approfondiremo nei capitoli successivi.

- **Aumento della flessibilità:** I moderni ambienti di business stanno cambiando rapidamente ed è fondamentale per un'azienda far fronte alle richieste da parte dei propri dipendenti. Negli ultimi anni c'è un aumento di richiesta di modalità di lavoro alternative, i lavoratori hanno la possibilità di lavorare da casa attraverso le applicazioni SaaS dato che necessitano soltanto della connessione Internet per accedervi. Le aziende riescono in questo modo ad abbattere i costi di noleggio delle strutture di ufficio compreso l'hardware a stretto uso lavorativo pur mantenendo la produttività delle tradizionali ore lavorative e i lavoratori possono così gestire al meglio il loro tempo ed avere maggiore responsabilità per il loro lavoro riuscendo ad incrementare anche la loro produttività e soddisfazione.
- **Miglioramento del servizio al cliente:** nei modelli tradizionali di business, le aziende si relazionano col cliente attraverso il telefono o faccia a faccia. Visto che la maggior parte dei servizi al giorno d'oggi sono online le aziende necessitano di modificare il loro modo di rapportarsi al cliente. Applicazioni SaaS specializzate in CRM¹⁸ come Salesforce.com permettono alle aziende di sviluppare strumenti di misurazione del comportamento del cliente sui loro prodotti e servizi così da poter fare conclusioni su come migliorarli.
- **Migliorare la personalizzazione:** i Cloud provider che hanno un'architettura software multi-tenant riescono a migliorare la personalizzazione delle loro applicazioni così da poter far fronte alle specifiche richieste dei clienti. Le applicazioni SaaS inoltre forniscono delle API tramite le quali si possono integrare e sincronizzare con altri programmi software come applicazioni ERP¹⁹ o CRM. La flessibilità delle applicazioni SaaS dimostra come il modello SaaS non sia solo un'opzione per il reparto informatico, ma anche uno strumento utile per un'implementazione di successo della strategia di business per le imprese.

I vantaggi derivanti dall'utilizzo del modello IaaS includono:

- **Miglioramento continuo delle performance e dei prezzi:** l'alta concorrenza presente nel mercato fa sì che si presenti un continuo abbassamento dei prezzi e un continuo aumento delle performance dei più grandi sistemi Cloud grazie alla crescita continua dei loro data center sparsi per il mondo.

¹⁸ CRM (Customer Relationship Management): gestione delle relazioni con il cliente
[https://it.wikipedia.org/wiki/Customer_relationship_management]

¹⁹ ERP (Enterprise Resource Planning): sistema di gestione che integra tutti i processi di business rilevanti in un'azienda

- **Immediatezza delle risorse:** il tempo che intercorre tra l'introduzione della richiesta al server e la disponibilità del server può essere ridotto notevolmente all'interno di un ambiente IaaS. Gli sviluppatori possono trarne giovamento visto che possono sviluppare le loro applicazioni non appena una macchina IaaS è stata allocata, centinaia e più macchine virtuali di potenza pressochè illimitata possono essere allocate in diverse zone geografiche in modo da aumentare le performance e il tempo di risposta.
- **Pagamento delle sole risorse effettivamente utilizzate:** le aziende con un ammontare di capitale da investire nell'hardware, nell'infrastruttura e nella manutenzione potranno avere grossi benefici visto che non ci sarà alcun grosso investimento iniziale e nessun contratto a lungo termine da sottoscrivere. Pagheranno solo per le risorse che realmente utilizzano così da non sprecare il proprio capitale di investimento.

I vantaggi derivanti dall'utilizzo del modello PaaS:

- **Velocizzazione di distribuzione e testing:** i team di sviluppo possono provare numerose configurazioni, diverse macchine ubicate in giro per il mondo per eseguire stress test e valutare le performance, la compatibilità e la risposta in modi altrimenti impossibili in un ambiente locale. Grazie a fasi di testing veloci per le applicazioni, la distribuzione di esse diventerà molto più veloce.
- **Aggiornamenti automatici:** il cliente di un sistema a modello PaaS non si deve mai preoccupare degli aggiornamenti del sistema Cloud visto che saranno fatti in automatico ed eseguiti da parte del Cloud provider.
- **Abbassamento costi:** utilizzando un solo fornitore per i servizi PaaS ci potrebbe essere un abbassamento dei costi. In questo modo PaaS permette di includere tutto l'hardware in un sito fisico così da ottenere benefici per il budget aziendale.

Il modello PaaS presenta anche alcuni svantaggi:

- **Flessibilità limitata:** le soluzioni PaaS non reggono il confronto coi modelli IaaS in termini di flessibilità. I clienti di un sistema a modello PaaS non riescono ad allocare e disallocare numerose macchine virtuali facilmente. In caso di significativo aumento delle richieste computazionali in futuro per un utente meglio evitare quindi il modello PaaS.
- **Imprigionamento del cliente:** a causa del numero limitato di fornitori PaaS sul mercato ognuno dei quali crea una dipendenza diretta tramite la sua vasta offerta, il cliente si trova nella condizione di non poter acquistare servizi analoghi da un fornitore differente senza dover sostenere rilevanti costi e rischi per effettuare il passaggio

- **Problemi di integrazione:** l'integrazione dei servizi PaaS col resto del sistema potrebbe risultare estremamente complicata.

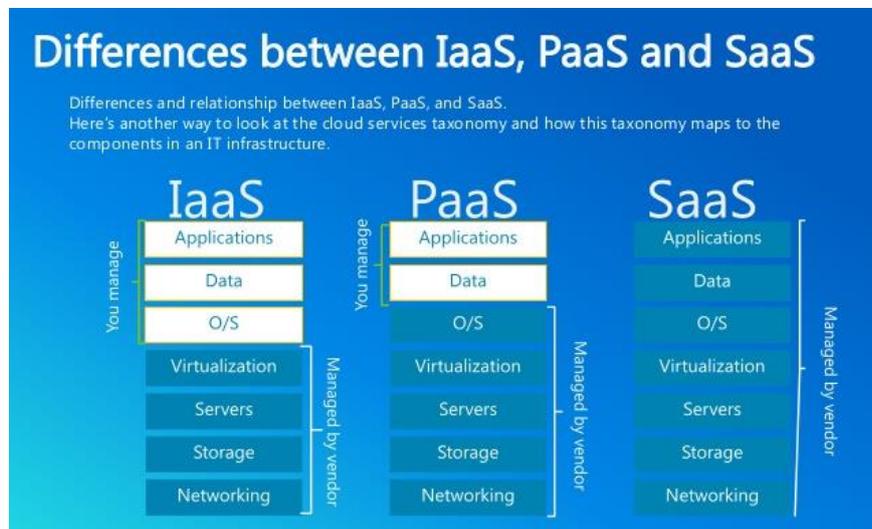


Figura 14 Differenze tra servizi IaaS, PaaS e SaaS

4. Elasticity nel Cloud Computing

L'Elasticity o anche chiamata rapid elasticity, si riferisce all'abilità dell'utente di acquisire e rilasciare le risorse di un'infrastruttura Cloud su richiesta quindi all'abilità di un'applicazione di cambiare le sue dimensioni a runtime. [13] Le applicazioni che presentano carichi di lavoro variabili nel tempo possono richiedere quantità di risorse variabili nel tempo, rendendo il Cloud un'opzione molto conveniente per queste applicazioni. Nel modello tradizionale, gli utenti acquisiscono le risorse che possono che pensano possano essere abbastanza per soddisfare i picchi di carico di lavoro ed alcune volte queste rimarranno inutilizzate e quindi sprecate.

Il beneficio apportato dall'elasticità sarà ottimale quando la differenza tra la richiesta e la capacità computazionale può essere mantenuta più bassa possibile come possibile vedere nella figura successiva. Quando la richiesta aumenta quindi c'è bisogno di maggior capacità computazionale, la Rapid Elasticity può permettere al servizio di scalare velocemente in modo che non ci sia alcuna richiesta che sia rifiutata. Effettuare uno scaling-in (diminuire le risorse) in caso di riduzione della richiesta significa che risorse vengono rilasciate così da evitare lo spreco di spese su capacità inutilizzata.

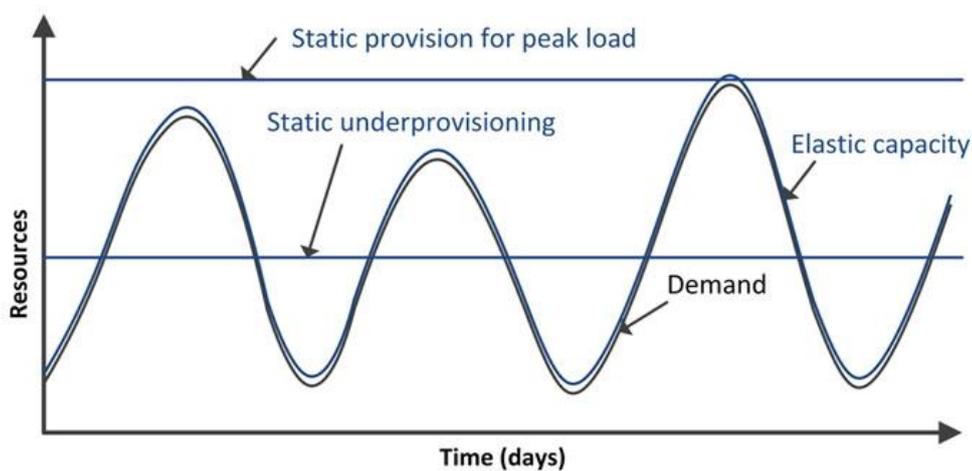


Figura 15 Elasticità nell'approvvigionamento delle risorse

4.1 Varie Definizioni

Sebbene l'elasticità sia uno degli aspetti centrali e fondamentali per il Cloud computing, il termine è ancora oggi utilizzato da diversi ricercatori e dai fornitori dei servizi Cloud con significati completamente differenti come possiamo vedere di seguito:

1. Open Data Center Alliance (ODCA) definisce l'elasticità come “the configurability and expandability of the solution. Centrally, it is the ability to scale up and scale down capacity based on subscriber workload” ossia “la configurabilità e l'espandibilità della soluzione. L'abilità di scalare la capacità in base al carico di lavoro dei sottoscrittori.” [14]
2. Herbst²⁰ ha proposto un'altra definizione: “Elasticity is the degree to which a system is able to adapt to workload changes by provisioning and deprovisioning resources in an autonomic manner, such that at each point in time the available resources match the current demand as closely as possible” ossia: “L'Elasticità è il grado col quale un Sistema riesce ad adattarsi alle variazioni del carico di lavoro allocando e disallocando le risorse in maniera autonoma, in modo tale che in ogni momento le risorse disponibili siano il più vicino possibile alle risorse richieste”. [15]
3. Il NIST definisce l'elasticità come: “capabilities can be elastically provisioned and released, in some cases automatically, to scale rapidly outward and inward commensurate with demand. To the consumer, the capabilities available for provisioning often appear to be unlimited and can be appropriated in any quantity at any time.” Ossia come: “le risorse possono essere allocate o rilasciate, in alcuni casi automaticamente, per scalare rapidamente in base alla richiesta. L'insieme delle risorse per l'approvvigionamento spesso sembrano illimitate e possono essere appropriate in qualsiasi momento e in qualsiasi quantità”. [10]
4. Edwin Schouten²¹ l'ha catalogata come: “basically a rename of scalability, which has been known non-functional requirement in IT architectures for many years already. Scalability is the ability to add or remove capacity, mostly processing, memory, or both, to or from an IT environment when this is needed.” Ossia come: “principalmente è la scalabilità ma con un altro nome, che è già conosciuta come un requisito non funzionale nell'architettura IT da molti anni. La scalabilità è l'abilità di aggiungere o rimuovere capacità a o da un ambiente informatico quando ce n'è bisogno”. [16]
5. Rich Wolski²² la definisce: “Elasticity measures the ability of the cloud to map a single user request to different sources”. Ossia come: “L'elasticità misura l'abilità di un Sistema Cloud a mappare la richiesta di un singolo utente a diverse risorse sorgente”. [17]

²⁰

²¹ Edwin Schouten, “Rapid elasticity and the cloud”, settembre 2012

²² Rich Wolski, CTO, Eucalyptus, 2011

Le definizioni 1, 3 e 4 descrivono comunemente l'elasticità come la capacità che ha un sistema di aumentare o diminuire la propria capacità (scaling), le definizioni 1 e 3 precisano che l'ammontare delle risorse acquisite è connesso alla richiesta o al carico di lavoro. La numero 5 identifica l'elasticità come un modo generico di quantificare l'abilità che ha un sistema nel gestire le richieste. La definizione di Edwin Schouten assume che non ci sia alcun lavoro manuale per ottenere l'elasticità e non fornisce nemmeno alcun suggerimento su come può essere misurata.

4.2 Importanza dell'elasticity

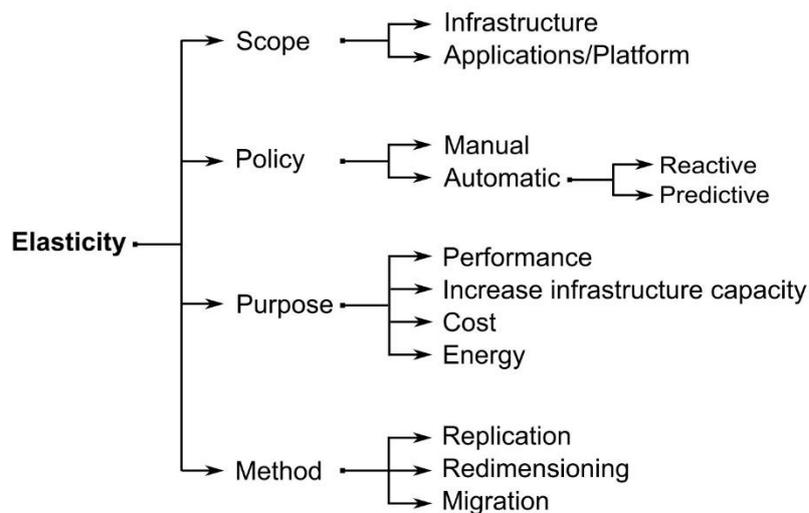


Figura 16 Tutte le proprietà dell'elasticità

L'Elasticity è una caratteristica chiave nel contesto dei Cloud Computing, probabilmente è ciò che più contraddistingue questo paradigma di computazione da tutti gli altri, come ad esempio cluster e Grid. Un sistema Cloud viene chiamato elastico se le risorse che fornisce possono essere allocate e rilasciate dinamicamente ed automaticamente. L'approvvigionamento automatico significa che le decisioni per lo scaling debbano essere effettuate senza l'aiuto dell'intervento umano. Questo implica la necessità di monitorare il sistema Cloud in modo tale che le decisioni sull'approvvigionamento possano essere basate sulle performance a runtime.

L'elasticità porta notevoli benefici in tutti i settori economici [18] nei quali può essere applicato il Cloud, per capire meglio le modalità con cui porta i suoi benefici si può vedere qualche esempio:

- **Settore alimentare:** La giornata tipo di un negozio alimentare consiste nel continuo approvvigionamento di prodotti che vengono venduti al suo interno. Giornalmente i supermercati più grandi necessitano di ordinare questi prodotti ai loro fornitori e questo comporterà un certo scambio di messaggi tra di loro per confermare la

ricezione dell'ordine ed inviare la fattura di vendita, tutto questo genera un carico di lavoro per i server Cloud nell'orario di apertura del negozio poi alla sua chiusura il carico di lavoro sarà notevolmente diminuito fino alla sera in cui ogni punto vendita invia i dati delle vendite, tutto ciò creerà volume di scambio dati e il sistema bisogna che si adatti e si prepari all'aumento di fabbisogno di risorse. L'elasticità del sistema gestisce il carico di lavoro dell'azienda in modo da abbattere i costi di esercizio soprattutto nei momenti di meno richiesta di risorse.

- **Settore Bancario:** In genere gli istituti bancari hanno volume di transazioni costante per tutta la mattina nella quale le filiali sono aperte per le normali operazioni al cliente. Nel primo pomeriggio il volume di lavoro aumenta nettamente visto che molti paesi hanno la chiusura dei pagamenti verso la metà del pomeriggio e le banche dovranno mandare il resoconto giornaliero alle aziende clienti ci sarà un picco proprio prima della chiusura ossia intorno alle 4 o 5 di pomeriggio. Per cui la banca ha in definitiva solamente una o due ore di notevole carico di lavoro che l'elasticità del sistema Cloud deve gestire al meglio rendendo possibile per la banca affrontare dei costi contenuti in tutta la giornata ed essere pronta a far fronte all'aumento di richieste negli orari di punta.
- **Aziende nell'IT:** Le variazioni di carico di lavoro non si verificano solo durante una singola giornata ma anche nel corso di un anno intero. Nel caso di aziende produttrici di materiale informatico come data center, server, dispositivi di memoria, dispositivi di rete spesso il carico di lavoro cambia mese per mese. In genere alla fine di ogni trimestre si registra un picco visto l'arrivo degli ordini sopra la media oltre che nel momento di uscita dei nuovi prodotti e nel periodo di vacanze natalizie. Per cui i carichi di lavoro per i server Cloud che utilizzano saranno importanti (nell'ordine del triplo rispetto alla costanza degli altri periodi) solo per circa 3/4 mesi in tutto l'anno. La scalabilità del sistema Cloud utilizzato dovrà far fronte all'aumento di picco di lavoro bilanciando il traffico di richieste in modo da raggiungere un utilizzo giusto dell'hardware su cui si poggia.

4.3 Fattori di qualità per l'elasticità (QoE)

L'elasticità di un sistema può essere misurata attraverso dei fattori di qualità in gergo chiamati Quality Of Elasticity (QoE). Il sottosistema di monitoring deve essere in grado di inviare i dati monitorati in maniera veloce, questi dati devono essere altamente affidabili per poter prendere le decisioni di scaling opportune. Il controller si dovrà occupare di reagire ai risultati portati alla luce dai dati analizzati in maniera corretta e veloce. Questi fattori sono chiamati velocità di decisione e correttezza delle decisioni di scaling. Alcune decisioni possono anche essere prese in anticipo dato che alcuni indicatori potrebbero suggerire l'arrivo di un carico di lavoro importante. Per i siti web ad esempio è impossibile sapere in

anticipo se il picco di attività derivato dal clic per indirizzare ad un social network (quindi ad alto utilizzo del server) o ad un attività a basso utilizzo del server.

Effettuare uno scaling-out potrebbe essere utile se l'applicazione è strutturata per trarne vantaggio. Il livello di parallelizzazione esibito dall'applicazione e i suoi algoritmi decidono se lo scaling può migliorare le performance. Assumendo che l'applicazione è ottimamente parallelizzabile, il rapporto prezzo-performance quantifica la performance ricevute per l'erogazione dello scaling. Questo rapporto prezzo-performance viene influenzato dal Cloud provider in quanto può settare il prezzo dell'infrastruttura per sue offerte specificando il tipo di risorse disponibili. Il controller deve scegliere la giusta quantità e il tipo idoneo di istanze VM in modo che siano compatibili con il contesto in cui deve lavorare, sarà fondamentale l'implementazione di un'applicazione elastica che utilizzi le risorse in modo tale da coincidere con la capacità erogata del Cloud provider. Un'avanzata ottimizzazione per l'indice prezzo/performance potrebbe essere aumentare l'adattamento dell'applicazione alle specifiche di infrastruttura del fornitore Cloud, questo può portare ad un aumento del lavoro richiesto se l'applicazione viene distribuita in un altro sistema Cloud (Cloud lock-in²³).

Relativo al prezzo ci sarà anche il fattore di granularità della fatturazione [19], infatti il prezzo minimo pagato per allocare una istanza VM nonché l'intervallo di fatturazione nello modello pay-per-use ha un grosso effetto sull'uso di un infrastruttura. Il costo di instanziamento o di terminazione può scoraggiare lo scaling-out ed aumentare il livello di impegno economico sull'infrastruttura. L'intervallo di fatturazione tipico è quello orario, ossia il pagamento scatta ad ogni ora di utilizzo, senza costi extra per l'instanziamento o la terminazione che rende irrilevante il fatto che un'istanza possa girare per un minuto o una frazione di un'ora. L'uso effettivo di un'infrastruttura deve riprendere al meglio il modello di fatturazione.

La velocità di approvvigionamento delle macchine virtuali è un altro fattore di QoE. Ha a che fare con l'efficacia del ciclo di vita di una VM sin dalla sua configurazione fino alla terminazione della stessa VM. Una macchina virtuale configurata correttamente completerà la contestualizzazione in maniera più rapida quindi le scelte effettuate al momento della configurazione influenzano la velocità di approvvigionamento. Trasferendo alcuni task come la parte di aggiornamento software ed l'installazione degli aggiornamenti al sistema operativo dalla contestualizzazione alla configurazione di una VM può diminuire il tempo di approvvigionamento visto che la configurazione viene fatta solo una volta e l'immagine della VM replicata su tutte le VM da usare. Il tempo relativo alle fasi di caricamento e terminazione sono a carico del fornitore Cloud dato che è responsabilità del fornitore riservare e rilasciare le risorse fisiche alla macchina virtuale.

Infine come fattore possiamo citare le preferenze dell'utility, le preferenze devono essere definite insieme agli obiettivi tecnici ed economici in maniera da ottenere un risultato

²³ Cloud Lock-in: situazione in cui un cliente, dopo aver utilizzato un prodotto o un servizio di un particolare fornitore, non riesce facilmente a passare allo stesso servizio offerto da un competitor in quanto le tecnologie del primo fornitore era incompatibili con quelle dei competitor.
[<http://searchcloudapplications.techtarget.com/definition/vendor-lock-in>]

soddisfacente. Le preferenze tipicamente considerano i costi, il tempo di risposta, l'utilizzo di spazio di memorizzazione, la memoria ed altre risorse. Le preferenze possono influenzare il modello di business di un sistema Cloud.

Fattori QoE	Elasticity Controller	Cloud Provider	Applicazione	Modello di business
Indice Prezzo-Performance	X	X	X	
Costi di infrastruttura		X		
Modalità di fatturazione		X		
Velocità approv. VM	X	X	X	
Velocità decisioni di scaling	X			
Correttezza delle decisioni di scaling	X			
Livello di Parallelizzazione			X	
Preferenze				X

Figura 17 Fattori QoE e componenti del sistema che possono essere influenzati

4.4 Scalability

La scalabilità è uno degli argomenti più ambigui per i sistemi informatici, un attributo di qualità la cui importanza per un'applicazione è dimostrata ampiamente in corrispondenza della crescita di un sistema e dell'aumento della richiesta di risorse. Ancora oggi non è facile individuare il giusto significato per la scalabilità per ogni particolare contesto. [20]

Le risorse di computazione avranno sempre un certo limite ed ogni sistema in espansione andrà a saturare le sue risorse disponibili. Il sistema potrebbe anche arrivare ad essere inutilmente grande e costoso in caso di drastica diminuzione nella richiesta di risorse. Queste risorse potrebbero essere ad esempio capacità di processing per sistemi computazionalmente esosi o capacità di memorizzazione per sistemi ad uso intensivo dei dati.

La scalabilità è una caratteristica multi dimensionale. Ci sono diverse modalità di scaling per i sistemi Cloud: [21]

- **Scalabilità orizzontale (scale-out, scale-in):** è una tipologia che consiste nell'aggiungere nuove istanze VM o nodi computazionali per consentire, grazie all'aiuto di un load balancer²⁴, di bilanciare il carico di lavoro tra più nodi, in modo che possano lavorare in parallelo come una singola unità di lavoro. La scalabilità orizzontale è un concetto utilizzato ampiamente nell'informatica e può far riferimento sia all'aggiunta di macchine fisiche che di istanze virtuali. Per quanto riguarda il Cloud Computing, un cloud provider può incrementare le capacità del proprio sistema aggiungendo istanze virtuali all'infrastruttura Cloud per aumentarne

²⁴ Load Balancer: un componente software che distribuisce il carico di elaborazione di un servizio tra più macchine fisiche o virtuali.

le performance. È attualmente la più utilizzata essendo parte integrante dei sistemi AWS e Azure.

- **Scalabilità verticale (scale-up, scale-down):** è quella scalabilità che potenzia l'infrastruttura già esistente mediante l'aggiunta di risorse hardware, ad esempio aggiunta di CPU per incrementare le potenzialità di calcolo oppure di RAM per migliorare la memorizzazione. E' una tipologia limitata e limitante in quanto aggiungendo anche hardware di ultima generazione, ad un certo punto non ci si potrà spingere oltre. Esempio di questa implementazione è Kingfisher²⁵.



Figura 18 Scalabilità orizzontale e scalabilità verticale

Portandoci ad un maggior livello di astrazione nel design del sistema cambia il punto di vista da orizzontale a verticale nel senso che lo scaling orizzontale dei nodi in un server Cloud può essere considerato scaling verticale dal punto di vista del servizio fornito dal server Cloud. Questo è il modo in cui si differenzia il punto di vista dello scaling tra tipologie di servizi IaaS e tipologie PaaS. Lo scaling orizzontale delle macchine virtuali IaaS è lo scaling verticale della capacità della piattaforma dal punto di vista di un'applicazione in esecuzione sul Cloud PaaS in cui la piattaforma gestisce tutta l'infrastruttura.

La dimensione verticale è esponenzialmente più costosa dato che la dimensione totale del sistema aumenta. Il sistema scalato deve essere modificato con un server molto più capiente visto che aumenta la richiesta di risorse ed arriverà ad essere superiore a ciò che il server attuale può fisicamente supportare. Questo percorso di scaling è utilizzato nei mainframe e dei super computer. I limiti per uno scaling orizzontale sono tradizionalmente nella quantità di server che si possono includere nei rack²⁶ e il numero di data center disponibili. Lo scaling orizzontale è stato molto utilizzato nell'architettura Internet sin dai primi tempi per la tecnologia inventata da Tim Berners-Lee negli anni 90/91 ma recentemente la

²⁵ <http://www.kingfishersys.com/capabilities/information-technology/>

²⁶ Rack: sistema standard di installazione fisica di componenti hardware come ad esempio server, switch e router. [[https://it.wikipedia.org/wiki/Rack_\(informatica\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Rack_(informatica))]

virtualizzazione ha reso lo scaling verticale un'opzione molto importante soprattutto per i sistemi Cloud. [22] Grazie allo scaling verticale la configurazione dei sistemi può essere aggiustata dinamicamente in una manciata di secondi, ossia molto più velocemente rispetto allo scaling orizzontale che ci impiega solitamente qualche minuto nei sistemi Cloud. Una combinazione di questi due tipi di scaling potrebbe risultare una soluzione ottimale.

Il Cloud computing spinge entrambe le tipologie di scaling oltre i propri confini tradizionali. Hybrid Cloud e interoperabilità dei sistemi Cloud rendono possibile scalare un sistema oltre i confini definiti dei data center e dei Cloud provider. La rete diventa l'unico limite visto che la comunicazione tra i vari nodi del sistema deve essere per forza trasmessa tra i vari Cloud attraverso la rete Internet.

Una terza dimensione da considerare è la scalabilità strutturale che ha a che fare col comportamento di una parte di software come il modello dei dati, con la quantità dei dati oppure con la quantità di task da eseguire che varia in dimensione. Un requisito per un software scalabile è che esso sia internamente efficiente in termini degli spazi di complessità dei suoi algoritmi e di supporto alle operazioni per processare in parallelo le operazioni. Il parallelismo dei task è una caratteristica dei sistemi software che sono capaci di eseguire simultaneamente numerosi task sugli stessi dati o anche su dati differenti. Un programma seriale al contrario può procedere solo eseguendo un task alla volta. Un software a task paralleli si presta bene allo scaling orizzontale visto che task separati possono essere eseguiti su nodi distribuiti di un sistema. Lo scaling verticale d'altro canto può essere applicato per perfezionare le performance di ogni task in maniera indipendente.

Il parallelismo dei dati è la capacità di un sistema software di eseguire le stesse operazioni in parallelo a diverse istanze dei dati. Nei sistemi distribuiti, un task computazionalmente costoso viene diviso in diversi task indipendenti uno dall'altro, ognuno dei quali può essere eseguito simultaneamente su nodi separati senza alcun tipo di comunicazione tra loro. Successivamente il risultato di ogni singolo task viene inviato ad un controller che combina tutti i vari risultati fino ad ottenere il risultato finale.

Lo scaling di un sistema ha anche i suoi lati negativi. Ad esempio lo scaling verticale diventa molto costoso quando il sistema aumenta le risorse disponibili. Lo scaling orizzontale invece aumenta la complessità di coordinazione tra i sistemi distribuiti. La scalabilità strutturale richiede algoritmi e modello dei dati per adeguarsi al meccanismo di scaling prescelto.

Gli avanzamenti ottenuti negli ultimi anni nel campo dell'informatica e della tecnologia in generale hanno notevolmente ridotto l'impatto di questi svantaggi. La virtualizzazione e l'approvvigionamento dinamico delle macchine virtuali hanno reso possibile l'utilizzo delle risorse in modo più efficiente nei moderni data center. Le risorse possono essere allocate dinamicamente in base alla richiesta in un dato momento. Tuttavia per il meccanismo di scaling verticale, lo svantaggio più significativo è l'alto costo da sostenere.

Considerando lo scaling orizzontale, un punto dolente è la richiesta di comunicazione tra i nodi di un sistema distribuito. Se questa comunicazione può essere evitata o minimizzata, il software effettua lo scaling in maniera ottimale; l'aggiunta di server non causa un uso

eccessivo della banda di rete e il beneficio ottenuto con server addizionali non diminuisce visto che il numero di server aumenta.

In caso di scale-in, ossia in caso di diminuzione delle macchine virtuali, si avranno problemi nell'assicurare le performance e l'affidabilità mentre si minimizzano i costi. Quando l'applicazione è alla sua dimensione minima è difficile reagire in maniera ottimale all'aumento del carico di lavoro senza incorrere in falsi positivi e mantenendo l'applicazione ad un funzionamento ottimale. L'aumento delle risorse impiegherà un po' di tempo per essere attuato per cui la decisione se attuare o meno un meccanismo di tipo scale-out deve essere fatta abbastanza in anticipo per mantenere l'applicazione in ottimo stato anche durante l'attività di scaling. [23] Assicurare le performance, assicurare l'affidabilità e controllare la tolleranza agli errori come richiesto dal Service Level Agreement pongono i limiti per una configurazione minima di sistema.

4.5 Elasticity vs Scalability

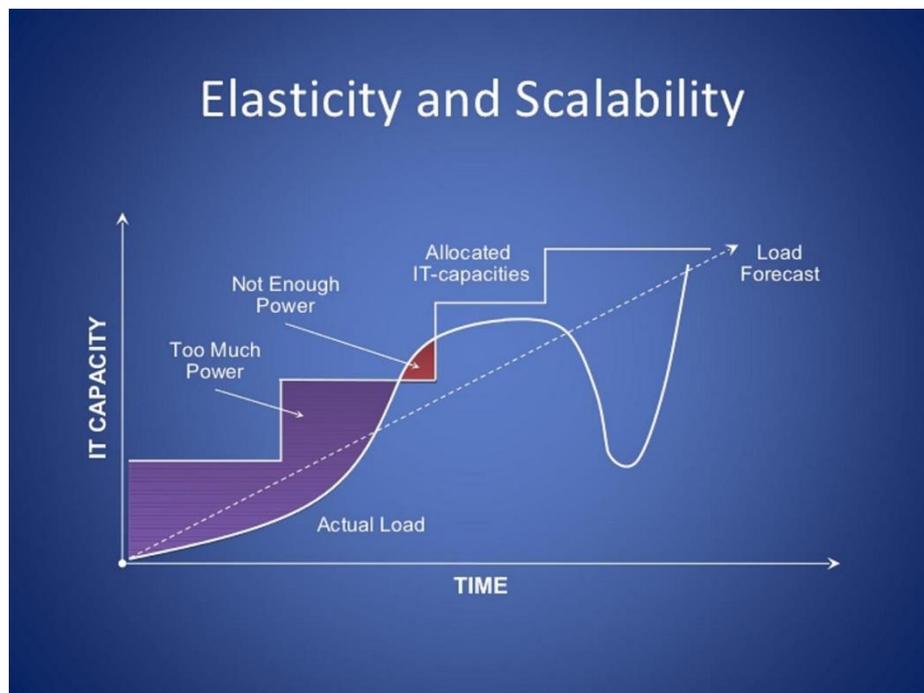


Figura 19 Elasticità e Scalabilità

Spesso viene fatta molta confusione quando si parla di elasticity e scalability, addirittura a volte vengono identificate come facenti riferimento alle stesse proprietà di un servizio Cloud ma in realtà non è così, entrambi fanno riferimento all'adattabilità dell'ambiente ma i due termini non sono in alcun modo interscambiabili.

Una delle migliori definizioni di scalabilità è quella per progetto europeo CloudScale: [24]

“The ability of the layer to sustain changing workloads while fulfilling its SLA, potentially by consuming a higher/lower quantity of lower layer services.”

L’elasticità è la proprietà che ha reso il Cloud il paradigma computazionale più diffuso e maggiormente in espansione negli ultimi anni.

La scalabilità è solo un prerequisito per raggiungere l’elasticità di un sistema, spesso non considera gli aspetti temporali di quanto siano veloci, di quanto spesso vengo attuate e con quale granularità vengono attuate le azioni di scaling. L’elasticità invece, come abbiamo descritto ampiamente nel capitolo relativo alle QoE, si basa su diversi fattori di qualità, tengono conto di tanti aspetti che vengono monitorati a runtime sul sistema ossia esistono delle metriche che possono anche fare in modo di prevedere il carico e adattarsi di conseguenza. La scalabilità si basa principalmente sul fatto di aggiungere risorse in caso di necessità a differenza dell’elasticità che fa riferimento alla qualità di un sistema a far corrispondere le risorse richieste a quelle fornite in un certo momento al sistema. Quindi si può asserire che la scalabilità è una proprietà statica del sistema a differenza dell’elasticità che varia in base a come lavora il sistema, quindi una proprietà dinamica.

La soluzione ideale per un’applicazione moderna è avere al proprio interno meccanismi di scalabilità ed elasticità, purtroppo soprattutto in ambito industriale molte applicazioni non sono ottimizzate ma l’avvento dei sistemi Cloud sta dando e darà nei prossimi anni un aiuto enorme da questo punto di vista visto che i migliori sistemi Cloud come quelli che verranno descritti nel prossimo capitolo includono queste due caratteristiche.

4.6 Virtualizzazione

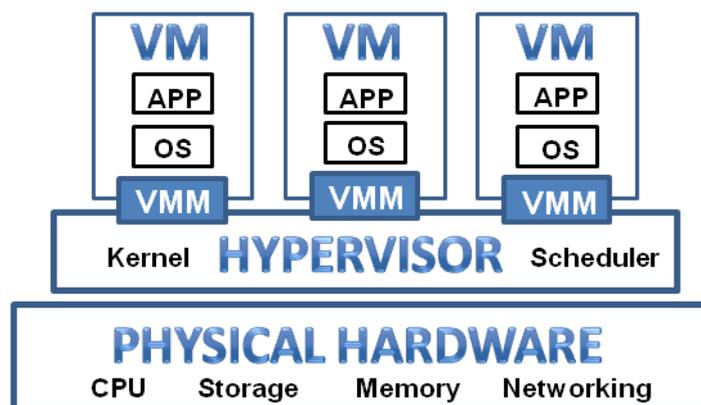


Figura 20 Struttura delle macchine virtuali in Cloud

Una delle tecnologie che stanno alla base del Cloud computing è la virtualizzazione. La tecnica della virtualizzazione è stata utilizzata sin dagli anni 60 attraverso l’uso dei mainframe e delle soluzioni time-sharing. Il time-sharing permise a diverse applicazioni e/o

utenti di condividere lo stesso hardware utilizzandolo a rotazione, ognuno per lo stesso lasso di tempo dopo il quale dovevano rilasciare le risorse. Questi sviluppi avevano l'intento di abbassare i costi di esercizio visto che le grandi aziende iniziavano a potersi permettere l'utilizzo di quantità di hardware non indifferente e gli utenti miravano a poter eseguire i loro task senza bisogno di una macchina dedicata. [25] La virtualizzazione permette l'astrazione delle risorse e la proiezione delle risorse sotto forma di macchine virtuali. Le macchine virtuali possono essere istanziate anche durante l'esecuzione dell'applicazione (a runtime). La virtualizzazione rende possibile l'approvvigionamento delle risorse su richiesta che è la caratteristica essenziale per i servizi Cloud; inoltre la virtualizzazione aiuta il consolidamento dei server, aumenta l'utilizzo dei server e migliora l'efficienza di tutto il sistema Cloud. Permette inoltre di utilizzare al massimo le risorse a disposizione come memoria, processore e rete riducendo anche il costo complessivo del sistema eliminando l'esigenza di acquistare notevoli quantità di hardware. Un ambiente virtualizzato aumenta la flessibilità in caso di errori e massimizza i tempi di funzionamento, un requisito fondamentale per i sistemi moderni. Tutto ciò viene raggiunto grazie al concetto di elasticità che abbiamo visto approfonditamente in questo capitolo. Visto che macchine virtuali di diversi clienti possono essere ospitate sulla stessa macchina fisica si può dire che la virtualizzazione utilizza il concetto di multitenancy nei servizi Cloud. Ci sono diverse tecniche per l'utilizzo della virtualizzazione in ambiente Cloud, nel prossimo paragrafo andremo ad approfondirle.

4.7 Principali tecniche di virtualizzazione

Esistono numerose tecniche per la virtualizzazione delle risorse in ambiente Cloud, qui di seguito ne sono elencate le principali:

- **Emulazione:** è una tecnica di virtualizzazione che converte il comportamento dell'hardware di un computer e risiede nel layer del sistema operativo che a sua volta risiede sull'hardware. L'emulazione fornisce una grande flessibilità al sistema operativo che vi gira sopra ma la velocità del processo di traslazione è bassa in confronto all'hypervisor e richiede un'alta configurazione di risorse hardware per poter eseguire il software.²⁷

Virtual Machine Monitor(VMM) o Hypervisor: Un layer software che può monitorare e virtualizzare le risorse della macchina ospite. E' un layer che sta a metà tra il sistema operativo e l'hardware "sottostante". E' il layer software che crea le risorse virtuali come CPU, memoria, spazio di memorizzazione e driver. E' la tecnica più utilizzata nei sistemi Cloud. Gli hypervisor vengono classificati come nativi o ospitati.²⁸

²⁷ Calheiros, Buyya e De Rose, "Building an automated and self-configurable emulation testbed for grid applications", 2010

²⁸ IBM, "IBM systems virtualization", 2005

Hypervisor Nativo (type-1 oppure bare-metal) si ha quando il Virtual Machine Monitor è un sistema mandato in esecuzione direttamente sulla parte hardware del server fisico, in modo tale da permetterne il controllo diretto oltre che all'installazione di sistemi operativi al livello superiore.

Hypervisor Ospitato (Hosted) (type-2) quando il Virtual Machine Monitor viene eseguito sul sistema operativo che lo ospita e si trova sopra lo strato hardware, prevede delle funzionalità di supporto alla virtualizzazione e al controllo delle VM. Il livello inferiore si preoccuperà di gestire la memoria, l'allocazione delle risorse, dello scheduling e altre varie operazioni.

I sistemi che utilizzano Hypervisor adottano diversi tipi di tecniche di virtualizzazione [26] come:

- **Virtualizzazione completa:** gli hypervisor creano un ambiente isolato tra l'ospite o il server virtuale e l'host oppure l'hardware del server. I sistemi operativi accedono direttamente ai controller hardware e ai suoi dispositivi periferici senza avere idea dell'ambiente virtualizzato ed eventuali modifiche ai requisiti.
- **Virtualizzazione assistita dall'hardware:** viene supportata da soluzioni hardware ad hoc, l'hardware fornisce supporto architetturale che facilita l'accesso diretto al livello fisico. Un esempio sono VMware e Microsoft Virtual PC.
- **Para Virtualizzazione:** questa tecnica fornisce delle chiamate speciali sotto forma di interfaccia che sostituiscono l'architettura di un set di istruzioni della macchina ospitante. Mette in relazione la comunicazione tra hypervisor e sistema operativo ospite per migliorare efficienza e performance. Accedere alle risorse con la para virtualizzazione è meglio che accedervi col modello di virtualizzazione completa dato che tutte le risorse devono essere emulate col modello completo. L'unico aspetto negativo di questa tecnica è modificare il kernel²⁹ del sistema operativo ospite usando le hypercall per cui questo modello è adeguato solo con sistemi operativi open source.

²⁹ Kernel: il nucleo di un sistema operativo, quella parte che si occupa di fornire ai processi in esecuzione un accesso sicuro e controllato all'hardware [Wikipedia]

5. Principali sistemi Cloud nel globo



Figura 21 Principali sistemi Cloud sul mercato

Quelli presentati nella figura qua sopra sono solo alcuni esempi dei principali sistemi Cloud, iniziati a sviluppare circa dieci anni fa, ora stanno proliferando le aziende che offrono i loro sistemi Cloud. Tra i migliori e più utilizzati sul mercato ci sono Amazon Web Services (AWS) e Microsoft Windows Azure che verranno ampiamente descritti in questo capitolo.

Amazon Dominates the Public Cloud

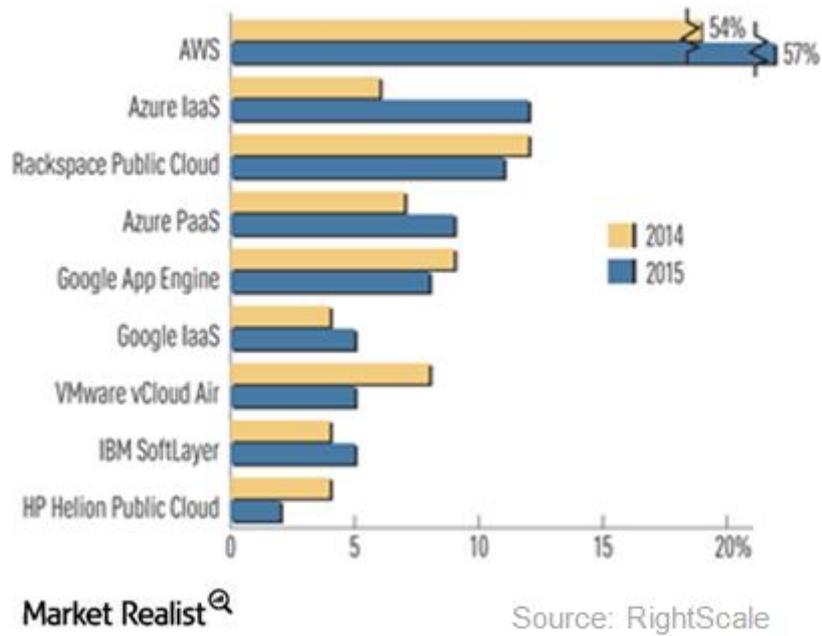


Figura 22 Quote di mercato per i sistemi Public Cloud

5.1 Amazon Web Services

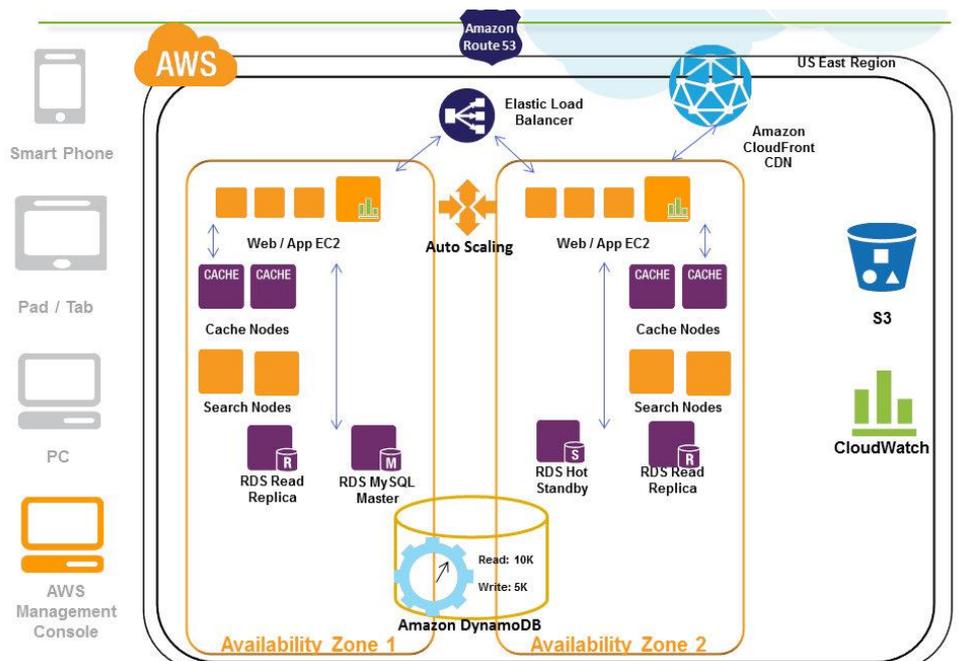


Figura 23 Architettura di Amazon Web Services

Amazon AWS è un servizio web che fornisce una considerevole capacità computazionale come servizi di storage, database, rete e tantissimi altri servizi compreso quello DNS che lo rende un sistema unico sul mercato con funzionalità sia IaaS sia PaaS. E' il servizio Cloud di gran lunga più utilizzato sul mercato, una piattaforma Cloud Pay-as-you-go che inizialmente veniva utilizzata esclusivamente dalla stessa Amazon per i propri servizi interni fino al 2006, anno in cui l'azienda decise di distribuire i servizi anche all'esterno sotto forma di servizi a pagamento. L'interfaccia intuitiva del servizio web Amazon EC2 permette all'utente di ottenere capacità computazionale e configurarla come meglio si crede. Fornisce un controllo completo delle risorse e permette di lavorare direttamente sull'ambiente Amazon. Amazon EC2 riduce il tempo richiesto per far partire le nuove istanze server, permette di scalare velocemente le capacità richieste, sia aumentandole che diminuendole al variare del carico di lavoro richiesto. Amazon EC2 presenta alcune fondamentali caratteristiche [27] :

- **Comportamento elastico:** permette di aumentare o diminuire la capacità computazionale in pochi minuti. L'utente può configurare l'esecuzione contemporanea migliaia di istanze contemporaneamente. L'applicazione scalerà automaticamente in base alle necessità.
- **Controllo completo:** L'utente può interagire con ogni istanza, può stopparla e riavviarla in qualsiasi momento. Il controllo avviene attraverso delle API web.
- **Servizio di Hosting flessibile:** Amazon permette di configurare la quantità e la capacità di tutte le risorse scelte, compreso il sistema operativo da utilizzare (Linux o Windows Server).
- **Affidabile:** il servizio gira sull'infrastruttura di rete e nei data center di Amazon e viene assicurata un'affidabilità del 99.95% nel Service Level Agreement.
- **Improntato alla sicurezza:** Amazon EC2 lavora in combinazione con Amazon VPC³⁰ riuscendo in questo modo a far girare le istanze su di una sezione logicamente isolata a cui è possibile associare un indirizzo IP o tenerla privata.
- **Economico:** Amazon EC2 include modello Pay-per-use con tariffe orarie e senza contratti a lungo termine. Grazie alle Reserved Instances³¹ si può preservare la capacità da 1 fino a 3 anni potendole rivendere in qualsiasi momento o spostarle in un'altra regione di AWS. Le Spot Instances³² inoltre permettono di acquistare capacità computazionale a prezzo minore rispetto al normale, grazie ad essere è possibile avere una flessibilità maggiore a minor prezzo.

³⁰ Amazon VPC (Virtual Private Cloud): rete Cloud accessibile solo dall'utente tramite indirizzo IP, la creazione di sottoreti e la configurazione di tabelle di instradamento e gateway di rete.
[<http://aws.amazon.com/it/vpc/>]

³¹ Reserved Instances: capacità di calcolo di Amazon EC2 acquistabili per più anni e tenute riservate in caso di necessità a prezzi molto vantaggiosi. [<http://aws.amazon.com/it/ec2/purchasing-options/reserved-instances/>]

³² Spot Instances: permettono di acquistare capacità computazionale tra quella rimasta libera di Amazon EC2
[<http://aws.amazon.com/it/ec2/spot/>]

L'enorme potenzialità di calcolo per l'AWS proviene dalla importante catena di data center di cui Amazon dispone. La rete di data center Amazon è suddivisa in regioni comprendenti tutto il mondo, ogni regione presenta un certo numero di data center all'interno dei suoi confini, se ne arrivano a contare una trentina ognuno comprendente dai 50mila agli 80mila server. Una stima conservativa parla di più di 1.5 milioni di server dislocati per tutto il mondo. Viene permesso di scegliere da quale regione vogliamo acquistare i servizi, la distanza dalla regione influirà notevolmente sulla latenza e sul tempo di risposta dei server e quindi sulla velocità dell'intero sistema Cloud.

E' possibile raggruppare tutti gli innumerevoli servizi offerti da Amazon in questo modo [27]:

- **Compute:** vi fanno parte tutti quei servizi legati alle risorse di calcolo, che permettono la gestione di server virtuali. Comprende servizi come AutoScaling, Elastic Load Balancing, AWS Lambda, Container Service.
- **Storage & Content delivery:** riguarda servizi di memorizzazione di dati di grandi dimensioni, file multimediali, backup e recupero dei dati. Ne fanno parte servizi come S3, Glacier, Elastic Block Store, ecc...
- **Database:** riguarda la gestione di diverse tipologie di database di grandi dimensioni. Ad esempio Amazon RDS è compatibile con i database relazionali, Amazon Aurora compatibile con i database MYSQL e Amazon DynamoDB con database NOSQL.
- **Analytics:** servizi utilizzati per analizzare il carico di lavoro in tempo reale e per comunicare questi dati a tutti i servizi AWS.
- **Security and Identity:** comprende servizi in grado di fungere da amministratori del sistema, ossia in grado di controllare gli accessi, gestire allarmi di vario tipo e monitorare le risorse utilizzate.
- **Networking:** per tutto ciò che a che fare con la rete, come la funzione DNS per poter accedere alle istanze dall'esterno facilmente.
- **Deployment & Management:** servizi che offrono ambiente di esecuzione e sviluppo di applicazioni.
- **Application Services:** servizi preconfigurati senza bisogno di acquistare ulteriori istanze o storage.
- **Mobile Services:** servizi per sviluppo e testing applicazioni, per la notifica di eventi via messaggio.
- **Enterprise Applications:** servizi per le aziende, in particolare comprendono la virtualizzazione di ambienti desktop.
- **Internet of Things:** servizi che permettono di connettere facilmente dispositivi in modo che possano interagire tra di loro.

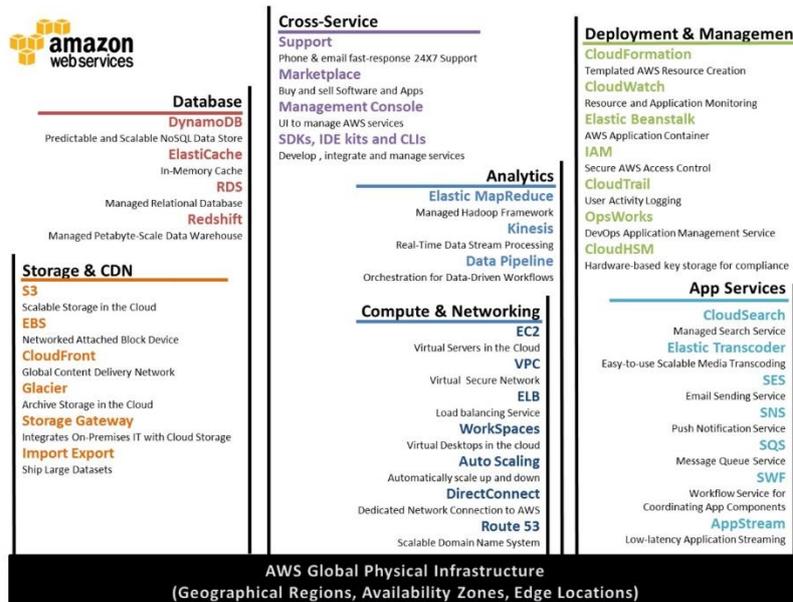


Figura 24 Principali servizi offerti da Amazon Web Services

5.2 L'elasticità secondo Amazon Web Services

Un elemento fondamentale per l'infrastruttura degli Amazon Web Services è l'Amazon Elastic Compute Cloud (EC2), un servizio web capace di fornire capacità computazionale dinamica in Cloud, quindi ridimensionabile secondo i bisogni effettivi dell'utente. Amazon per tutti i suoi servizi Cloud offre gratuitamente un servizio di Auto Scaling [28], questo servizio migliora ulteriormente la disponibilità dell'applicazione e permette lo scaling automatico (scale-up o scale-down) eseguendo tutte le istanze richieste dal cliente in maniera corrente. In questo modo vengono mantenute le performance dell'applicazione anche in casi di notevole aumento dei carichi di lavoro, la capacità sarà aumentata in caso di bisogno e decrementata durante i momenti di calma allo scopo di ridurre i costi. Aumentare la capacità per Amazon significa allocare gruppi di istanza EC2 con una specifica politica di scalabilità definita dall'utente, la quale definisce i criteri di lancio e terminazione delle VM. Il servizio di AutoScaling lavora insieme ad altri due servizi, uno per il bilanciamento del carico di lavoro (Elastic Load Balancing) [28] ed uno per il monitoraggio delle risorse e il lancio degli allarmi (Amazon CloudWatch). [28]

L'integrazione con CloudWatch è di notevole importanza in quanto permette di impostare una scalabilità dinamica definendo logiche basate sul monitoraggio dell'utilizzo delle risorse. Infatti monitorando una particolare risorsa di interesse per l'applicazione, è possibile configurare un allarme e un'azione da perfezionare di conseguenza quando il valore supera una certa soglia predefinita. L'azione nella pratica consiste nell'invio di comandi al servizio di AutoScaling che attuerà eseguirà le istruzioni sul gruppo di istanze EC2. E' importante configurare un valore (Auto Scaling Cooldown) per il quale verrà sospesa ogni attività di

scalabilità in modo da non pregiudicare il lancio o la terminazione di altre istanze prima che le precedenti siano riattivate. Inizialmente viene anche specificato un numero minimo e massimo di istanze da cui può essere composto il gruppo di Auto Scaling, questi valori non verranno mai superati dal servizio di Auto Scaling; questi valori inoltre potranno essere modificati in qualsiasi momento dall'utente, in questo caso vi sarà una scalabilità di tipo manuale.

L'integrazione con l'Elastic Load Balancer risulta importante per migliorare la tolleranza agli errori (fault tolerance) del sistema e si occupa principalmente di distribuire in maniera automatica il traffico in entrata sulle istanze EC2 ma non solo. Quando un'istanza va in errore (istanza unhealthy) interviene l'Elastic Load Balancer che provvede ad evitare che il traffico passi su di essa dirottandolo tutto sulle altre istanze fino a che l'istanza in errore non venga ripristinata. Un'altra funzione di questo servizio è intervenire sulla sicurezza di rete, l'ELB si pone a metà tra la rete internet esterna e quella interna Amazon su cui girano le istanze, analizza il traffico e si occupa di cifrare e decifrare i dati in passaggio tra queste reti. Per poter applicare tutto ciò bisogna aggiungere istanze ai gruppi di sicurezza, questi ultimi fungono da firewall virtuale interno in grado di decidere se il traffico è consentito o meno in base a delle regole definite preventivamente.

5.3 Microsoft Azure Service Platform

Microsoft lanciò Azure nel 2010, un infrastruttura formata da servizi di calcolo, memorizzazione, rete e applicazioni continuamente in espansione. E' una piattaforma Cloud relativamente recente ma che grazie ai numerosi investimenti della casa americana sta raggiungendo quote importanti di mercato come possiamo vedere nella figura successiva. Nato inizialmente solo come servizio Platform as a Service (PaaS), si è evoluto negli anni fornendo anche strumenti per la gestione dell'infrastruttura Cloud (IaaS). La figura qua sopra illustra tutti i componenti di Microsoft Azure. La piattaforma fornisce un sistema operativo Cloud chiamato Windows Azure e offre un ambiente di esecuzione per le proprie applicazioni (Microsoft Office, Visual Studio, ecc...). Tutti i componenti e i servizi possono essere raggruppati in tanti sottoservizi [29] :

- **Compute:** fornisce un ambiente computazionale che consiste in un insieme di siti web, servizi Cloud e macchine virtuali.

Le macchine virtuali offrono un controllo totale sul server nel Cloud e lavorano per mantenere le richieste dell'utente. Vengono utilizzate per offrire servizi di tipo Infrastructure as a Service. E' possibile scegliere tra Linux, Windows Server, Server Linux quali Suse, Ubuntu e CentOS, SQL Server, BizTalk Server e SharePoint server con diverse applicazioni preinstallate. Gli utenti pagano in base alle reali ore di utilizzo di queste macchine virtuali.

I siti web di Windows Azure offrono la distribuzione direttamente dal codice sorgente. Hanno un modello scale-as-you-go grazie all'utilizzo di istanze condivise e riservate per una migliore distribuzione del carico di lavoro e per migliorare le performance, in pratica possibile aumentare/diminuire il numero di istanze dinamicamente lasciando il compito di bilanciare il carico all'Azure Web App. L'obiettivo dei siti web è facilitare il lavoro degli sviluppatori, infatti supportano al loro interno diversi linguaggi come .NET, PHP, Python insieme ai database SQL e MSOL per la memorizzazione.

I servizi Cloud hanno il compito di gestire e distribuire applicazioni in cui Windows Azure lascia all'utente il controllo di cui ha bisogno compresa la gestione dell'affidabilità e i compiti relativi all'amministrazione. E' un esempio di servizio Platform as a Service e per utilizzarlo si può creare un'applicazione con linguaggio C#, Java, PHP, Python, Node.js o altro. Il codice viene poi eseguito in macchine virtuali differenti da quelle che si possono creare con Azure Virtual Machines. Al momento della creazione di un'istanza, possiamo scegliere fra due tipi di ruoli (roles) per essa come Web Role e Worker Role, la differenza principale consiste nella presenza di IIS nel Web Role. Per esempio una istanza Web Role può ricevere richieste dall'utente per poi passarle ad un'istanza Worker Role per processarle.

- **Data Management:** fornisce diversi modi per immagazzinare e gestire numerosi tipi di dati. Saranno mantenute sempre almeno tre copie dei dati sincronizzati nei data center Azure.

Gli Azure SQL Database forniscono SQL Database che differiscono dai tipi di database forniti da SQL Server. Hanno tutte le caratteristiche chiave di un DBMS e possono essere acceduti tramite diverse tecnologie come Entity Framework, ADO.NET, ecc... supportando la maggior parte del linguaggio Transact-SQL. E' un esempio di servizio Platform as a Service, si può controllare i propri dati e chi vi accede a l'SQL Database gestirà la manutenzione dell'hardware e del sistema operativo. Alcune delle caratteristiche più importanti sono il backup automatico, la possibilità di creare punti di ripristino e di replicare il database in altre regioni geografiche.

I servizi Azure Tables permettono ad un applicazione di salvare dei dati grazie ad un approccio NoSQL immagazzinando i dati come stringhe, interi e date. Non supportano operazioni come Join ma offrono un accesso molto veloce ai dati oltre ad essere molto scalabili, con una singola tabella che può contenere anche più di un terabyte di dati.

Azure Blobs sono pensati per memorizzare dati binari non strutturati, come le Azure Tables possono raggiungere dimensioni di 1TB. Le applicazioni Azure possono utilizzare le unità di Azure, nelle quali i Blob forniscono supporto di memorizzazione persistente per un file system Windows in un'istanza Azure; l'applicazione vede i file come normali file Windows ma in realtà il contenuto è memorizzato nei Blob. I Blob vengono utilizzati da molti altri servizi Azure come ad esempio le macchine Virtuali.

Un'applicazione che salva video, file di grandi dimensioni o altre informazioni di tipo binario può utilizzare i Blob per una memorizzazione semplice ed economica; in genere i Blob vengono utilizzati unitamente al servizio di Content Delivery Network che sarà descritto poco più in basso.

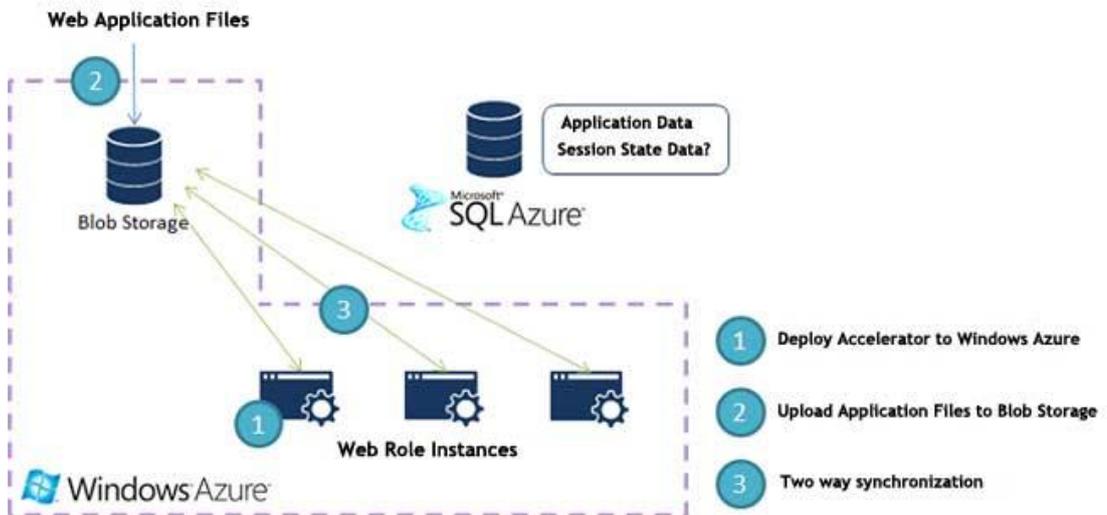


Figura 25 Blob Storage

- Networking:** fornisce numerosi servizi che utilizzano reti dedicate attraverso il Cloud come Virtual Network o Express Route.
Azure Virtual Network permette all'utente di avere a disposizione una rete privata nel Cloud in modo che diversi servizi Cloud possano comunicare con altri.
Express Route utilizza una Virtual Network ma incanala le connessione una linea dedicata molto più veloce della rete Internet tradizionali, può essere utilizzato in caso si necessiti da una larghezza di banda importante o per questioni di sicurezza.
Traffic Manager permette di incanalare il traffico verso particolari istanze facenti parte di un servizio dell'utente basandosi su delle regole predefinite in modo da gestire in maniera ottimale il traffico verso di essi.
- Developer & IT services:** offre diversi strumenti per aiutare gli sviluppatori a creare e mantenere le loro applicazioni nel Cloud. Visual Studio Online ed Azure SDK sono i due esempi principali.
Azure SDK aiuta nel costruire, distribuire e gestire le applicazioni di Azure che possono essere utilizzate con Visual Studio ed Eclipse. Fornisce anche librerie utili allo sviluppo di software che usano i servizi Azure.
Visual Studio Team Service: non è una versione Web di Visual Studio ma un insieme di strumenti utili a lavorare con Visual Studio in locale, include anche un centro di controllo chiamato Team Foundation Service, per la gestione delle versioni e la condivisione degli upgrade tra i componenti del team di sviluppo.

Application Insights: monitorizza le performance e l'utilizzo delle applicazioni dell'utente. Tiene traccia di quanta memoria, CPU, banda utilizza e dei crash dell'applicazione aiutando nella diagnosi dei problemi.

- **Identity & Access:** fornisce servizi per l'identificazione, per aiutare a tracciare l'identità degli utenti di un'applicazione e per selezionare le che un utente può compiere.

Active Directory è un servizio che salva le informazioni di accesso sugli utenti e le organizzazioni a cui essi appartengono. Utilizza una API RESTful chiamata Azure Directory Graph ed è utilizzata anche per facilitare l'accettazione delle informazioni sulle identità prendendole da siti come Facebook, Google, Windows Live ID, ecc...

Multi-Factor Authentication: fornisce funzionalità di verifica dell'identità attraverso più di una modalità di identificazione per migliorare la sicurezza inibendo l'accesso non autorizzato come servizi bancari o finanziari.

- **Mobile:** fornisce servizi di supporto per i clienti che lavorano con applicazioni per il mondo Mobile come immagazzinare i dati nel Cloud, autenticare gli utenti e inviare notifiche push senza spreco di codice.

Le mobile Apps forniscono supporto nella creazione di un backend³³ per le applicazioni che si interfacciano con un dispositivo mobile. Supporto in termini di notifiche agli utenti, di autenticazione grazie all'utilizzo di Active Directory, di comunicazione tramite l'utilizzo di Service Bus e Worker role. Si possono utilizzare librerie per Android, iOS, HTML/JavaScript. Grazie all'efficiente meccanismo di scalabilità si può gestire facilmente il traffico in ascesa per l'applicazione.

Notification Hubs fornisce supporto per gestire l'invio delle notifiche anche a centinaia di milioni di utenti in un solo minuto togliendo all'utente il lavoro di gestione dei dettagli di più basso livello. Utilizzato per inviare notizie, inizio di eventi sportivi e annunci o altre notifiche di qualsiasi tipo.

- **Backup:** servizi di salvataggio dei dati con possibile ripristino in caso di esigenza. Può lavorare con file criptati e compressi.

Azure Site Recovery aiuta a proteggere importanti applicazioni coordinando la replicazione e il recupero. Viene utilizzato un metodo di criptazione dei dati e delle comunicazioni per una sicurezza ottimale. E' capace di monitorare la sicurezza di un servizio così da poter automatizzare il processo di recupero in caso di errore critico. Può lavorare con tecnologie come Hyper-V Replica, System Center e SQL Server AlwaysON.

Azure Backup gestisce il backup di qualsiasi tipo di dato, la sicurezza è assicurata dalla criptazione sia durante la trasmissione dei dati che al momento del salvataggio

³³ Backend: è la parte che elabora i dati generati dal frontend (che gestisce l'interazione con l'utente o con sistemi che producono dati di ingresso). [https://it.wikipedia.org/wiki/Front-end_e_back-end]

sul Cloud oltre alla protezione tramite certificato. Possono effettuare varie tipologie di backup come ad esempio backup incrementale, automatico o manuale.

- **Messaging & Integration:** fornisce supporto per l'interazione tra più applicazioni attraverso meccanismi di code (queue) e scambio di messaggi (ServiceBus).

Queue ossia servizio a meccanismo di code nel quale un'applicazione inserisce un messaggio nella coda e viene letto da un'altra applicazione che legge la coda. Può essere utilizzato anche per la comunicazione tra Web role e Worker role, rende possibile una comunicazione asincrona tra le due parti. Questo tipo di struttura facilita la scalabilità di un'applicazione dato che il numero di istanze Web role e Worker role possono variare indipendentemente, può essere usata la dimensione della coda per scalare il numero di Worker da eseguire o meno. Lo scopo è sempre quello di ridurre i costi sia per il cliente (in termini economici) sia per il provider (in termini di utilizzo di risorse e quindi anche economici).

Service Bus Relay permette una comunicazione sicura tra applicazioni che risiedono sulle parti opposte di un firewall. La comunicazione avviene tramite scambio di messaggi. Le applicazioni possono essere quelle presenti sui server Azure o anche su altre piattaforme Cloud.

Service Bus Topics and Subscriptions rende possibile a diverse applicazioni di postare messaggi che possono essere letti solamente dalle applicazioni che sottoscrivono la ricezione dei messaggi a cui è interessato. Il meccanismo utilizzato è quello Publish-and-Subscribe.

BizTalk fornisce l'abilità di trasformare messaggi in formato XML in modo da far comunicare sistemi che comunicano usando formati differenti per i loro messaggi. Limita l'utilizzo di codice specifico da parte degli sviluppatori integrandosi coi vari sistemi.

- **Compute Assistance:** Azure fornisce servizi di assistenza per tutti quei servizi Cloud che non necessitano di essere eseguiti per tutto il tempo.

Scheduler permette la schedulazione di un'applicazione o di un servizio in base ad una politica predefinita, ossia l'esecuzione di un particolare lavoro per una durata specifica. È un servizio affidabile visto che il processo viene eseguito anche se ci sono problemi con la rete, con la macchina o con i data center. Quando scatta un evento di schedulazione, lo Scheduler tramite Scheduler RESTful API invia un messaggio HTTP ad un endpoint specifico oppure inserendolo in una queue (coda) e l'applicazione preposta avvierà l'azione conseguente dopo aver letto il messaggio.

- **Performance:** fornisce servizi in grado di migliorare le performance di un'applicazione come ad esempio attraverso Azure Caching³⁴ oppure Content Delivery Network.

Azure Caching è un servizio che tiene dati nella memoria cache e può dividere il lavoro tra diversi Worker role. Ciò consiste nel memorizzare in cache i dati acceduti più frequentemente con lo scopo di migliorare le performance. Ci sono diverse tecnologie di Caching ma quella migliore e più recente è la Cache Redis, di gran lunga l'implementazione col numero maggiore di funzioni. Questo servizio è rivolto a quelle applicazioni che leggono ripetutamente lo stesso dato magari di grandi dimensioni, velocizzando notevolmente i tempi di accesso.

Content Delivery Network permette di copiare blob contenenti dati accessibili da qualunque parte del mondo quindi potenzialmente da centinaia di milioni di utenti. In questo caso salvare copie dei dati su più data center Azure può aiutare ma in caso di accesso ai dati da parte di un numero elevato di utenti potrebbe non bastare. CDN ha diversi siti sparsi per il mondo in grado di tenere copia dei blob Azure, il blob verrà salvato nella memoria CDN presente nell'area geografica dell'utente che lo accede così da velocizzare l'accesso. Questo servizio viene utilizzato ad esempio per la distribuzione di contenuti multimediali in tutto il mondo.

- **Big Compute & Big Data:** fornisce servizi di gestione dei dati di grosse dimensioni tramite tecnologie proprietari di Microsoft per poterli analizzare e produrre risultati di interesse. Vengono utilizzate macchine virtuali e i *blob*. Anche in questo caso vi è l'uso di una tecnologia pay-as-you-go.

HDInsight aiuta il processo di analisi su una enorme quantità di dati non gestibile da parte di un database relazionale o su dati non relazionali come ad esempio lo storico degli eventi dei sensori di uno o più dispositivi o i log dei server in un data center. La tecnologia utilizzata è Hadoop, un progetto open source³⁵ che utilizza HDFS³⁶ per memorizzare i dati e fa creare agli sviluppatori dei MapReduce per analizzare i dati in pratica HDFS distribuisce la grande quantità di dati su vari server, poi esegue MapReduce su ognuno di essi, in modo che i dati vengano processati in parallelo.

Il servizio High-Performance Computing permette l'esecuzione di codice su più macchine nello stesso momento. In pratica significa eseguire diverse macchine virtuali simultaneamente per eseguire il lavoro in parallelo. Istanze di macchine virtuali con configurazioni hardware potenti (A8 e A9) si adattano bene a lavorare con carichi intensi grazie alla loro velocità, alle CPU multi-core e alla ampia memoria di cui dispongono. Servizi utilizzati spesso per applicazioni industriali MPI³⁷.

³⁵ Open Source: software di cui gli autori rendono il codice disponibile per apportarvi modifiche ed estensioni [https://it.wikipedia.org/wiki/Open_source]

³⁶ HDFS (Hadoop Distributed File System): file system distribuito disegnato con lo scopo di essere distribuito su hardware a basso costo e con un altro livello di tolleranza agli errori. [http://hadoop.apache.org/hdfs/]

³⁷ MPI (Message Passing Interface): protocollo di comunicazione per la comunicazione tra nodi appartenenti a un cluster di computer che eseguono un programma parallelo sviluppato per sistemi a memoria distribuita. [https://it.wikipedia.org/wiki/Message_Passing_Interface]

- **Media:** fornisce servizi per il broadcast di contenuti multimediali da parte dei clienti verso utenti distribuiti in tutto il mondo. Supporta la decodifica di diversi formati di dato, la protezione per i diritti d'autore, l'inserzione di pubblicità al suo interno e l'upload dei file, per cui facilita la creazione e l'utilizzo di applicazioni multimediali. Ogni applicazione può scegliere tra diversi strumenti da utilizzare accedendovi grazie alle interfacce RESTful³⁸ ed è disponibile, anche per questi servizi, una modalità di pagamento Pay-as-you-go attraverso la gestione delle richieste di visualizzazione variabili.
- **Commerce:** questi servizi permettono di trovare e acquistare le applicazioni Azure e data set commerciali utilizzando come parte di un'applicazione Azure.



Figura 26 Servizi offerti da Microsoft Azure

³⁸ RESTful (Representational State Transfer) è un tipo di architettura software per i sistemi di ipertesto distribuiti come il World Wide Web.

5.4 Elasticità nei servizi Microsoft Azure

Azure rende possibile, come descritto in precedenza, l'utilizzo di applicazioni elastici e scalabili secondo necessità, le quali eseguono ruoli Worker (worker role) o ruoli Web (web role) o anche entrambi allo stesso momento. [30] L'elasticità può essere perfezionata sia manualmente che in maniera automatica. In pratica le esigenze di elasticità sono raggiunte tramite l'aggiunta o la rimozione di istanze sia con ruoli Web o ruolo di lavoro. Per configurare l'elasticità di un'applicazione, le macchine virtuali devono essere aggiunte ad un insieme di disponibilità ben definito e inizialmente devono essere attivate o disattivate. Lo stato cambierà in base al carico di lavoro richiesto in un certo momento. L'elasticità è influenzata notevolmente dal numero di core delle macchine virtuali utilizzate per l'applicazione quindi essa può essere scalata all'interno dei limiti previsti al momento alla sottoscrizione e le macchine virtuali dell'intero insieme di disponibilità devono avere le stesse dimensioni.

Azure offre un efficiente servizio di scalabilità sia manuale che automatico. In modalità manuale possono essere aggiunte o diminuite le VM direttamente tramite pannello di gestione oppure in modalità automatico lasciando il compito di gestione al sistema operativo Cloud, esso gestisce il compito secondo due modalità:

- In base alla percentuale media di utilizzo della CPU, in caso questa salga o scenda oltre le soglie predefinite, vengono create o eliminate istanze oppure vengono attivate/disattivate macchine virtuali da un insieme di disponibilità. Il parametro di cooldown e la quantità di aumento/diminuzione del numero d'istanze per ogni operazione di scalabilità sono configurabili.
- In base al numero di messaggi in coda, che è associato ad un ruolo o ad un insieme di disponibilità, se questo esce dai limiti imposti, vengono create o eliminate istanze o vengono attivate/disattivate macchine virtuali da un insieme di disponibilità. Un esempio di utilizzo di questa modalità è un Worker Role che vuole processare tutti i messaggi presenti in una coda, questa operazione potrebbe essere molto dispendiosa per il tempo d'esecuzione ma non in termini di utilizzo della CPU.

Azure è in grado anche di disassociare o associare risorse collegate all'applicazione come ad esempio il database associato. Un'opzione molto utile ed attuata con ottimi risultati è quella di pianificare la scalabilità automatica solo in alcuni orari della giornata in modo da migliorare le performance e ridurre i costi senza la presenza di qualcuno che possa settare una scalabilità automatica.

5.5 Confronto tra i due sistemi AWS vs Microsoft Azure

AWS vs Azure	Amazon Web Services	Microsoft Azure
Costruzione Applicazioni	Necessita di una profonda conoscenza della piattaforma	Relativamente facile per un utente medio
Performance	Batte Azure nelle applicazioni specializzate	Stesse di AWS per quanto riguarda performance pure
Configurazione	La maggior parte deve essere fatta manualmente dallo sviluppatore	Per piattaforme PaaS la configurazione è automatica
Garanzia di Servizio	99.95% di disponibilità	99.95% di disponibilità
Costi	Basso costo iniziale ma senza manutenzione	Costo iniziale più alto di AWS ma offre manutenzione a prezzo buono
Software	Offerto per Windows, Mac OS e Linux.	Considerato più accessibile per sviluppatori .NET e Visual Studio. Più semplice l'utilizzo per sviluppatori Windows
Pagamenti	Orario - Arrotondato	Al minuto - arrotondato
Modello	Pay-as-you-go e con istanze riservate	Pay-as-you-go e a breve termine
Rete Virtuale	VPC (Virtual Private Cloud)	Vnet (Azure Virtual Network)
IP Pubblico	Si	Si
Hybrid Cloud	Si	Si
DNS	Route 53	No
Firewall	Si	Si

Figura 27 Principali differenze tra Amazon Web Services e Microsoft Azure

Come si può notare dalla figura 27, Amazon Web Services è il leader mondiale nella distribuzione di servizi Cloud per quanto riguarda il Cloud pubblico. E' leader nel mercato dei servizi IaaS ed è il più grande fornitore di servizi PaaS e IaaS fornendo una capacità cinque volte maggiore a tutti i suoi dodici maggiori competitor. A differenza di Microsoft Azure che utilizza sia modelli IaaS sia PaaS insieme con una profonda integrazione tra Microsoft Azure e le tecnologie Microsoft più utilizzate come Visual Studio, Office, ecc...

Qui sopra troviamo una tabella riassuntiva che compara alcune delle caratteristiche fondamentali per i servizi Cloud ma ce ne sono altre che andremo ad approfondire successivamente.

Kyle Hilgendorf, direttore dell'agenzia di ricerche Gartner IaaS Research, ha rilasciato delle slide a fine 2014 di comparativa titolate "Amazon Web Services or Microsoft Azure" [31] secondo cui Amazon continuerà a comandare il mercato finché avrà il 92% delle caratteristiche richieste per uso aziendale contro il "solo" 75% di Azure.

AWS per quanto riguarda l'elasticità rimane alcuni passi avanti visto che include l'auto scaling in tutti i suoi servizi in maniera automatica a differenza di Azure la quale fornisce auto scaling e bilanciamento del carico solamente su richiesta espressa del proprio cliente. AWS è strategicamente rivolto all'abbassamento dei prezzi, consente un risparmio nel costo iniziale dei propri servizi ma Microsoft fornisce un supporto clienti post vendita di effettiva qualità e molto importante per il cliente in caso di lungo utilizzo del sistema Azure.

In definitiva Amazon sembra essere superiore in termini di offerta più vasta di servizi all'utente anche grazie ai numerosi anni passati da leader nel campo del Cloud superando a

mani basse i propri rivali. La sua lista di strumenti e servizi accompagnati da caratteristiche molto vicine alle esigenze delle aziende e un'enorme infrastruttura continuamente in espansione che riesce a far apportare tagli di prezzo considerevoli, hanno fatto sì che le più grandi aziende come ad esempio Netflix [32], si siano rivolte proprio ad Amazon per la gestione delle loro applicazioni. Non mancano però le note negative in quanto i servizi Amazon sono difficili da navigare, molto complessi nell'utilizzo e il servizio clienti post-vendita lascia altamente a desiderare.

Microsoft dal canto suo sta colmando ogni anno di più il gap di infrastruttura e offerta di servizi rivolti al pubblico, utenti privati ma soprattutto aziende. Negli ultimi sta investendo ingenti risorse come rivelano i numeri di Synergy Research Group [33] visualizzabili nella figura successiva e nei quali si può notare sia la differenza in termini di mercato globale, 30% per Amazon contro il 10% per Microsoft Azure, sia la differenza in termini di incremento anno dopo anno dell'infrastruttura Cloud dove Microsoft arriva al 124% e Amazon solo al 63%. Inoltre, per quelle tantissime aziende come Onit Group srl il cui spazio di lavoro è ampiamente occupato dalle piattaforme Microsoft e che quindi hanno investito pesantemente in termini di tecnologia e abilità di sviluppo software all'interno dell'ambiente Microsoft, Azure è una forte candidata ad essere la migliore offerta Cloud visto che si integra perfettamente con il proprio ambiente software a differenza di AWS che presenta alcuni problemi nell'integrazione con l'ambiente Microsoft.

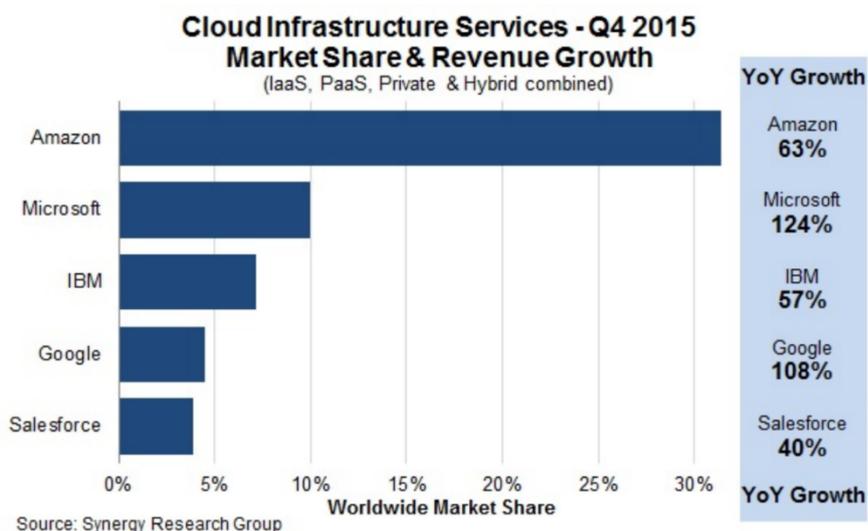


Figura 28 Quote di mercato per servizi IaaS, PaaS e Private & Hybrid combinati

6. Analisi dell'azienda Onit Group

6.1 Presentazione azienda



Onit Group Srl è un'azienda che svolge la propria attività nel settore delle tecnologie informatiche e nella consulenza mirata al management e alla organizzazione aziendale. L'azienda opera in diversi segmenti di mercato, principalmente sul territorio italiano ma con esperienze anche oltre confine, disponendo di conoscenze e competenze acquisite attraverso una consolidata esperienza e continui oltre che ingenti investimenti in tecnologia e formazione del personale. Onit mette a disposizione dei propri clienti un know-how tecnologico e competenze maturate negli anni a fianco di aziende leader in Italia, attraverso cui è in grado di creare valore aggiunto per le imprese in termini di strumenti, tecnologie e capacità di business. L'azienda gode di una profonda collaborazione con Microsoft con la quale ha anche stretto un contratto di partnership chiamato Microsoft Partner Network Membership – Gold. La struttura aziendale presenta tre macro unità di business: BU Industria, BU Sanità e BU Business Intelligence oltre alla BU Sistemistica che si occupa della rete interna ed esterna all'azienda.

6.2 Interviste ai responsabili

Ho intervistato due colleghi per analizzare al meglio la situazione attuale interna ad Onit per quanto concerne l'adozione al sistema Cloud, in primis colui che si occupa delle nuove tecnologie da intraprendere per l'azienda e successivamente il responsabile della sistemistica ossia coloro che hanno avuto maggiormente a che fare con le prime adozioni al sistema Cloud.

Ecco nel seguito le domande poste all'attenzione di Valerio Borioni, responsabile della BU Trasporti inclusa nella BU Industria e facente parte del gruppo di ricerca e sviluppo interno all'azienda e a Francesco Barducci, responsabile della BU Sistemistica ossia responsabile di coloro che si occupano del sistema hardware/software.

1. Quali erano e quali sono le esigenze che hanno portato all'adozione di una soluzione di tipo Cloud?

Valerio: Il motivo principale è sicuramente la mancanza di flessibilità dell'IT interno all'azienda, non si tratta di una critica verso l'azienda ma è nella normalità delle cose che le risorse hardware e software interne ad una qualunque azienda informatica abbiano dei limiti. Una soluzione Cloud permette di ottenere un'estesa flessibilità in termini di sistema operativo visto che è possibile lavorare con Linux, Windows Server ed altri sistemi proprietari, anche in termini di tipologia di database con cui lavorare quindi sia relazionali che non relazionali. Al giorno d'oggi è fondamentale la flessibilità nel campo dell'informatica in quanto non esiste uno standard per quanto riguarda infrastruttura, tipo di server da utilizzare, database su cui appoggiarsi, ecc... ma ogni applicazione richiede, di norma, risorse di tipologia diversa che non è possibile avere disponibili tutte in casa a causa anche dell'elevato costo da affrontare per le licenze. Non avrebbe senso sobbarcarsi una spesa iniziale molto importante per sistemi che potrebbero essere utilizzati una volta sola.

Francesco: Abbiamo scelto di affidarci al Cloud essenzialmente per garantire una continuità di servizio a tutti i nostri clienti. Inizialmente abbiamo pensato ad una soluzione puramente di hosting come era la normalità fino a qualche anno fa. In seguito ad un black-out dei server di hosting per più di un giorno e mezzo lasciando letteralmente a piedi tutti i nostri clienti abbiamo deciso di affidarci a sistemi Cloud che ci garantissero una certezza di continuità di lavoro per i nostri clienti.

2. È stata fatta un'analisi precedente alla decisione di utilizzare il Cloud?

Valerio: “Non c'è stato bisogno inizialmente, siamo partiti da un problema di compatibilità hardware/software per un'applicazione che stavamo sviluppando e abbiamo pensato di sfruttare il contratto che abbiamo con Microsoft per sperimentare l'adozione di Azure all'applicazione in questione. Microsoft include nel pacchetto Gold che la nostra azienda ha sottoscritto, 130 euro mensili da utilizzare proprio per Azure Cloud, credito sufficiente per cominciare a sperimentare la tecnologia senza alcuna spesa ulteriore da parte di Onit. È partita così l'esperienza Onit col Cloud come penso avvenga nella maggior parte dei casi, testare il sistema Cloud partendo dall'introduzione in piccole parti delle proprie applicazioni per poi aumentare l'investimento in caso di positività dei test effettuati.”

Francesco: “Sì, è stata fatta un'analisi della situazione. Abbiamo pensato che ci possiamo ripagare nel corso del tempo gli sforzi economici dovuti dalla migrazione ad una soluzione Cloud. Stiamo inoltre analizzando attentamente un possibile passaggio al Cloud anche per i server su cui gira la rete interna Onit, al momento abbiamo fatto slittare la decisione spaventati dall'investimento economico da intraprendere.”

3. Quali sono state le differenze intese come vantaggi a seguito dell'utilizzo del Cloud?

Valerio: “Come flusso di lavoro potere utilizzare un'infrastruttura efficiente disponibili in poco tempo è sicuramente un fattore importante per noi sviluppatori, talvolta incatenati dai

limiti di profondità dell'IT interno. Le funzionalità di testing, anch'esse fondamentali, sono nettamente migliorate come tempi di risposta riuscendo a velocizzare il deploy delle applicazioni, cosa nettamente importante soprattutto quando si ha a che fare con clienti pressanti. Un altro vantaggio è la possibilità di scaling praticamente infinito per i sistemi Cloud grazie alla loro elasticità, è importante e rassicurante sapere di poter avere a disposizione capacità pressochè infinita in caso di esponenziale aumento della richiesta di risorse; tutto questo evitando spese di upfront ossia spese riguardanti aumento di capacità interna all'azienda. Avere sempre a disposizione l'applicazione è inoltre un elemento imprescindibile al giorno d'oggi, lasciare il cliente senza applicazione anche solo per qualche ora potrebbe compromettere il loro processo di produzione oltre che rischiare irrimediabilmente di perderlo. Anche l'automazione del servizio è un vantaggio che abbiamo notato per i nostri sistemi, infatti gestisce tutto il sistema Cloud automatizzando tutti i processi di deploy dei software in produzione lasciandoci la possibilità di concentrarci solamente sull'analisi e lo sviluppo.”

Francesco: “Grazie alla soluzione Cloud abbiamo abbattuto notevoli costi di supporto tecnico eliminando i server preposti a far girare le applicazioni per i nostri clienti e soprattutto i costi di manutenzione relativi ad essi che erano decisamente costosi. Inoltre possiamo caricarci di meno investimenti futuri per il nostro sistema esterno visto che non grava più su di noi scolarlo in caso di saturazione della capacità computazionale, adesso con pochi clic possiamo aumentare la capacità delle nostre macchine virtuali sul Cloud senza alcun problema. Bisogna tenere presente che tutti i vantaggi relativi al Cloud sono garantiti dalla buona connettività della nostra rete che pensiamo di ampliare ulteriormente entro l'estate.”

4. Ci sono anche alcuni svantaggi nell'utilizzo del Cloud?

Valerio: “In generale risponderai di no. Ma in base ai casi d'uso i costi potrebbero diventare uno svantaggio invece che un vantaggio, proprio per questo penso che sia importante analizzare bene i singoli casi d'uso prima di ambientarli in un sistema Cloud. Ad esempio per applicazioni che non richiedono elasticità del sistema e che vengono accedute saltuariamente, quindi applicazioni stabili, meglio pensare a sistemi proprietari interni all'azienda in modo da non sprecare soldi invece in caso di dinamicità dell'applicazione meglio utilizzare il Cloud supportato da un sistema scalabile ed elastico.”

Francesco: “L'unico svantaggio prettamente legato al mio lavoro di sistemista è non essere padrone dell'infrastruttura, per esempio il primo anno di Cloud era sfortunatamente saltato il server esterno presente sul Cloud nel quale non era ancora presente alcun servizio di replicazione per cui anche questa stavolta i nostri clienti hanno subito un blocco nell'erogazione dei servizi. In questo caso non potemmo farci niente, avevamo le mani legate di fronte ad un problema server ma che non potevamo risolvere. Ma per il resto solo vantaggi. Un altro possibile svantaggio è quello legato al funzionamento continuo della rete Internet perché in caso di guasto alla rete del cliente, quest'ultimo rimarrebbe completamente al verde con le conseguenti problematiche del caso per cui bisogna che si affidi ad un fornitore che garantisca una connessione affidabile e veloce (come ad esempio Telecom).”

5. Le criticità sollevate solitamente sulla sicurezza dei dati hanno influenzato la vostra scelta?

Valerio: “Decisamente no. Anzi forse il contrario, i sistemi Cloud che noi utilizziamo, ossia i servizi di Amazon Web Services e Microsoft Azure sono i migliori al mondo, i maggiormente utilizzati e sono conformi ai più sofisticati criteri di sicurezza visto che vengono adottati anche da vari enti governativi. I server locali sono ad oggi quelli soggetti all’attacco da parte di hacker a differenza di questi servizi Cloud che sono pressochè inviolabili. Io e la dirigenza abbiamo deciso di fidarci di questi sistemi invece di potenziare a dismisura la sicurezza della rete interna.”

Francesco: “Il problema della sicurezza è stato posto durante l’analisi ma si è pensato che la rete di server virtuali del Cloud possa essere notevolmente più sicura dei nostri server interni nonostante ci appoggiamo su Acantho, un’azienda italiana del gruppo Hera, che non è ai livelli di sicurezza adottati dai migliori sistemi Cloud al mondo. Un aspetto invece di cui abbiamo dovuto tenere conto, anzi che si è rivelato imprescindibile è quello della privacy dei dati. Il nostro reparto sanità ha a che fare con ospedali e poliambulatori che manipolano dati personali di migliaia di utenti. Lo stato italiano impone leggi rigide in questo campo, richiede espressamente che i dati degli utenti italiani rimangano in Italia per questioni proprio legate alla privacy. È proprio questo il motivo che ha portato a doverci appoggiare ad un’azienda i cui data-center risiedono sul territorio italiano. Per comodità poi tutti i nostri dati portati sul Cloud girano sui data-center di Acantho.”

6. I tempi e le modalità di migrazione hanno avuto un ruolo nella vostra decisione?

Valerio: “Ti rispondo di no anche stavolta. Da un lato perché i sistemi trasferiti su Cloud non sono così grandi da poter soffrire di possibili criticità dovute ai tempi di migrazione, non siamo aziende come Spotify o Netflix, dall’altro perché migrare i nostri sistemi sul Cloud ha addirittura migliorato il nostro modo di approcciare al loro sviluppo visto che il Cloud richiede l’implementazione di applicazioni più robuste.”

Francesco: “Assolutamente no, non abbiamo riscontrato alcun problema di migrazione dei dati.”

7. Pensi di aumentare l’utilizzo del Cloud per la tua BU?

Valerio: “Le nostre applicazioni sono già presenti in maniera pervasiva nell’ambiente Cloud, per quanto riguarda la messa in produzione. In ogni caso testo spesso nuovi servizi, soprattutto quelli presenti nell’offerta di Microsoft Azure, per capire se possono avere un’effettiva utilità nel nostro campo di lavoro per poi poterle portare all’utilizzo in tutti le unità dell’azienda.”

Francesco: “Si pensa certamente ad utilizzarlo sempre di più visto che in tutte le vendite odierne e future di applicazioni al cliente vengono inclusi i servizi ospitati sui nostri server

Cloud. Entro l'estate porteremo il centralino VoIP³⁹ proprio sul sistema Cloud garantendo la continuità del servizio. Alla fine penso che sarà solo questione di tempo portare anche i server della rete interna sul Cloud per scongiurare possibili blackout i quali lascerebbero tutta l'azienda senza rete come è già successo recentemente.”

8. Hai detto che utilizzi prevalentemente servizi di Microsoft Azure, pensi che molti dei servizi Azure possano avere effetti positivi per la nostra azienda? (domanda solo per Valerio)

Valerio: “Ho già in progetto di presentare al gruppo di ricerca l'adozione a due nuovi servizi molto importanti per un'azienda di progettazione software, si tratta del sistema di autenticazione che avrebbe effetto trasversale per tutti i nostri servizi compresi quelli mobile e del sistema di TFS⁴⁰ online già utilizzato nella versione locale per il versionamento delle release e per il lavoro in team. Ho già testato entrambi e velocizzerebbero il lavoro di ogni programmatore oltre che a mantenere copie di backup sui data center Azure dei nostri applicativi evitando il rischio di mantenerli sui server interni i quali vanno in crash talvolta.”

6.3 Analisi situazione attuale

ONIMASP	ONIMDB (Oracle)	ONIMENERGY	ONIMSQL	ONIMWEB	ONIMWEB2 (linux)	ONIMWMS	ONIMWMSCLOUD
4 Giga RAM 2 vCPU HD 40 Gb	2,5 Giga RAM 2 vCPU HD 70 Gb	4 Giga RAM 2 vCPU HD 65 Gb	4 Giga RAM 2 vCPU HD 75 Gb	2 Giga RAM 1 vCPU HD 35 Gb	4 Giga RAM 2 vCPU HD 70 Gb	2 Giga RAM 2 vCPU HD 35 Gb	4 Giga RAM 2 vCPU HD 50 Gb
Applicativi Sanitari: - OnHospital - Casagit - Salus - Demo	Oracle 10g Ver 10.2.0.5.0	Sw OnEnergy	Sql Server 2008 R2 (Sp1)	Siti Web App ONSMS + Sql Express	Siti Web Linxs	Server Demo OnWms	Server in produzione OnWms

SLA e servizi

- SLA 99.7%
- Autonomia nello spegnimento/riavvio delle macchine e gestione console VmWare
- Possibilità di creare gli Snapshot
- Creazione VPN punto a punto
- SLA SILVER
- Backup dell'intera VM con retention di 7gg.

Figura 29 Macchine virtuali in Cloud per l'azienda Onit

³⁹ Voip (Voice over IP): tecnologia che rende possibile effettuare una conversazione telefonica sfruttando una connessione internet o una qualsiasi altra rete dati che utilizzi il protocollo IP senza connessione per il trasporto dati. [https://it.wikipedia.org/wiki/Voice_over_IP]

⁴⁰ TFS (Team Foundation Server): prodotto Microsoft che gestisce il code sorgente in Visual Studio. Effettua report, gestisce i requisiti, gestisce il progetto (anche per sviluppo agile), automatizza le build, permette il testing. Copre l'intero ciclo di vita dell'applicazione. [https://en.wikipedia.org/wiki/Team_Foundation_Server]

Le esigenze in termini di rete dell'azienda Onit, come quelle di tutte le aziende informatiche, sono decisamente importanti e la performance della rete influisce positivamente o negativamente sulla produttività di ogni singolo dipendente e quindi dell'intera azienda. Ed è per questo che il reparto sistemistico di Onit sta ampliando costantemente le risorse interne per soddisfare la domanda sempre più crescente. Le richieste di capacità di rete da parte dai siti web, da tutti i tool di sviluppo utilizzati, dal centralino VoIP e da tutte le altre applicazioni che utilizzano la rete stanno aumentando in maniera decisa negli corso degli ultimi anni tanto da portare l'azienda ha compiere dei forti investimenti proprio in questa direzione.

L'infrastruttura di rete costituisce le fondamenta su cui appoggia l'intera azienda, infatti un'azienda agente nel settore informatico priva di un'infrastruttura adeguata è destinata a sgretolarsi nel giro di pochi anni dato che al giorno d'oggi tutto si basa essenzialmente sul web, infatti difficilmente vengono richiesti, e di conseguenza venduti, applicativi stand-alone⁴¹ appartenenti oramai al passato dell'informatica. Il presente e il futuro nel campo dell'informatica è rappresentato da tutto ciò che può interagire con altro software o con qualsiasi applicativo client che sfrutta le funzionalità dell'applicazione. Per rendere tutto ciò operativo, funzionante e con performance adeguate è fondamentale essere dotati di una robusta infrastruttura di rete che possa comunicare con un altrettanto robusta rete Internet che permetterà a sua volta la comunicazione col mondo esterno. Senza una connessione decisamente veloce ed affidabile i grossi vantaggi apportati dall'avvento del Cloud, di cui parleremo nei prossimi paragrafi, vengono completamente azzerati. In Italia da questo punto di vista siamo in una situazione decisamente arretrata come sottolinea Akamai⁴² nel suo rapporto sullo stato di Internet relativo al secondo trimestre 2015⁴³. Secondo il rapporto di Akamai la velocità media di connessione in Italia si attesta a 6,4 Mbps, dato in aumento del 12% rispetto allo stesso periodo del 2015 ma ancora in netto svantaggio rispetto alle altre nazioni visto che risulta al penultimo posto a livello Emea⁴⁴ e al 69° posto a livello mondiale.

Questo gap infrastrutturale fra Italia e resto d'Europa e del mondo pone le aziende italiane in una posizione di arretratezza rispetto alla concorrenza estera e sta portando le aziende informatiche italiane come Onit ad investire ancora più capitali del necessario nell'infrastruttura di rete aziendale oltre che nella connessione Internet.

La rete aziendale Onit, sempre in costante crescita, è divisa essenzialmente in due parti:

- **La parte interna** rappresentata da una sala server che comprende n°3 server fisici, un server storage con utilizzo di 1 TB di dati interni e 3TB per file server e 60 server virtuali che servono per il funzionamento di tutta la rete interna, della comunicazione

⁴¹ Stand-alone: software capace di funzionare da solo o in maniera indipendente da altri software con cui potrebbe altrimenti interagire. [[https://it.wikipedia.org/wiki/Stand-alone_\(informatica\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Stand-alone_(informatica))]

⁴² Akamai:

⁴³ Tratto da <https://www.akamai.com/us/en/about/news/press/2015-press/akamai-releases-second-quarter-2015-state-of-the-internet-report.jsp>

⁴⁴ Emea(Europe Middle East Africa): designazione geografica comprendente Europa Medio Oriente ed Africa del nord usata soprattutto in campo economico-industriale. [[https://it.wikipedia.org/wiki/EMEA_\(economia\)](https://it.wikipedia.org/wiki/EMEA_(economia))]

fra tutti i dispositivi interni all'azienda, per il centralino VoIP e per il collegamento alla rete Internet. Dal punto di vista economico la manutenzione dei server interni grava sul bilancio aziendale per 2.500 euro annui a cui va aggiunta la spesa per l'elettricità.

- **La parte esterna** che corrisponde alla rete di server Cloud ospitata dai data center di Acantho⁴⁵ include n° 8 server virtuali come possibile vedere nella figura XX e così distribuiti: 1 per gli applicativi reparto Sanità, 1 per i tutti i database Oracle, 1 per gli applicativi della BU Energia, 1 per i tutti i database SQL, 1 per tutti i siti web di Onit, 1 per tutti i siti web di Linxs (azienda pubblicitaria interna ad Onit), 1 per le demo degli applicativi della BU Industria (in particolare il gestionale WMS) ed 1 per gli applicativi di produzione della BU Industria. Gli applicativi, i siti web e i database presenti sulle macchine virtuali sono in grado di comunicare tra di loro come si può vedere nella figura XX. Le capacità computazionali di queste 8 macchine virtuali variano in base a ciò che viene installato al loro interno. La maggior parte di queste macchine virtuali godono delle seguenti caratteristiche tecniche: CPU Dual Core virtuali, 4 GB RAM con sistema operativo Windows Server 2012 64bit e disco HDD (non SSD) virtuale. Come si può notare dalla figura XX le risorse delle macchine virtuali variano in base alla loro modalità di utilizzo ed al loro scopo, infatti le macchine che ospitano applicazioni richiedono maggiori capacità computazionali, le macchine che ospitano database richiedono maggiori capacità di I/O su disco vista la quantità di letture/scritture da fare su disco. È stata implementata una divisione di questo tipo tra le macchine virtuali, ossia macchine virtuali isolate per applicativi e database anche inerenti comunicanti in modo che le numerose operazioni di Read/Write non influissero negativamente sulle prestazioni delle macchine che ospitano le applicazioni. Dal punto di vista prettamente economico le n°8 macchine virtuali costano circa 8.000 euro all'azienda di costi fissi annuali con canone mensile indipendente dal carico di lavoro e dalla modalità di utilizzo dei server, il prezzo aumenterà in caso di richiesta di ampliamento delle risorse computazionali e di aumento del livello SLA.

Il fornitore di servizi Cloud offre per i suoi sistemi Cloud n°3 tipi di SLA di tipologia crescente, le attuali macchine virtuali in Cloud hanno un Service Level Agreement di tipo Silver il quale si manifesta poco efficiente per offrire un servizio di eccellenza per i propri clienti visto le caratteristiche non proprio all'avanguardia. Andandole ad esaminare una per una:

- **Uptime dell'infrastruttura assicurato del 99,7% (con esclusione della manutenzione programmata effettuata nei giorni festivi o la notte e interruzioni dovute dal carrier):** la manutenzione programmata dei giorni festivi si pone come un possibile problema per l'azienda visto che alcuni dei propri clienti, in particolare Orogel lavora anche al sabato.

⁴⁵ Acantho: azienda del gruppo Hera con sede a Imola agente nel campo delle telecomunicazioni che dispone di un data center fisico a Imola ed uno a Milano. [<http://www.acantho.it/it/home-page>]

- **Servizio di monitoraggio H24 con reazione Next Business Day (NBD):** verrebbe attivato l'intervento solamente il giorno lavorativo successivo a quello in cui si è verificato il problema, tempistiche troppo lunghe per garantire la continuità di lavoro al cliente.
- **Allocazione delle risorse di tipo "best effort":** vengono garantite le risorse solo se disponibili altrimenti la richiesta di risorse viene messa in coda, tutto ciò potrebbe far presentare scenari di blocco della macchina server o non soddisfacimento delle operazioni richieste.
- **Nessun rimborso per SLA non rispettati:** quindi nonostante non venga rispettato lo SLA non ci sarà alcun rimborso economico per l'azienda, ciò potrebbe portare a grosse perdite economiche in caso di notevoli problemi tecnici alle macchine.
- **Backup schedabile dal cliente; fino a 7 backup in linea:** significa che si possono tenere fino a 7 backup in contemporanea per ogni singola macchina virtuale, non sono pochi ma meglio averne di più.

Top	<ul style="list-style-type: none"> • uptime dell'infrastruttura garantito del 99,99% • servizio di monitoraggio H24 con tempo di reazione 1 ora • allocazione risorse garantita al 75% • dati replicati in sincrono sul 2° DataCenter posto a 300 metri dal primario • configurazione High Availability dell'intero Virtual Datacenter • dischi ad alte performance fibre channel • rimborso danni fino a 50.000€ in caso di SLA non rispettati • backup schedabile dal Cliente; fino a 120 Backup in linea
Gold	<ul style="list-style-type: none"> • uptime dell'infrastruttura assicurato del 99,9% (con esclusione della manutenzione programmata effettuata nei giorni festivi o la notte) • servizio di monitoraggio H24 con tempo di reazione in 4 ore • configurazione High Availability dell'intero Virtual Datacenter • dischi ad alte performance SAS • allocazione delle risorse garantita al 50% • rimborso per SLA non rispettati come % sulla tariffa mensile • backup schedabile dal Cliente; fino a 15 Backup in linea
Silver	<ul style="list-style-type: none"> • uptime dell'infrastruttura assicurato del 99,7% (con esclusione della manutenzione programmata effettuata nei giorni festivi o la notte e interruzioni del servizio dovuti al carrier) • servizio di monitoraggio H24 con reazione Next Business Day (NBD) • allocazione delle risorse di tipo "best effort" • nessun rimborso per SLA non rispettati • backup schedabile dal Cliente; fino a 7 Backup in linea

Figura 30 Livelli di SLA offerti da Acantho

La spesa riferita all'intero parco server Cloud è un dato altamente variabile in quanto le performance delle macchine vengono monitorate mensilmente e le capacità aumentate in

base ai dati immagazzinati dal monitoraggio. Da sottolineare che le capacità computazionali vengono solo aumentate e mai diminuite per fare fronte a richieste di risorse continuamente in aumento, non certamente il massimo dal punto di vista dell'efficienza vista la quantità di risorse potenzialmente sprecate con una modalità di lavoro di questo tipo. Fino ad oggi non è stato ancora attivato un controllo dei costi a livello di server Cloud, una decisione potenzialmente dannosa per le casse dell'azienda viste le potenzialità dell'elasticità (non presente nei server attualmente utilizzati) dei server Cloud che permetterebbe un risparmio sia in termini economici per l'utilizzatore che in termini di risorse allocate per il provider come affrontato ampiamente nel capitolo 4.

L'attuale situazione risulta altamente migliorabile, sia da un punto di vista strutturale che da punto di vista economico oltre che dal punto di vista del Service Level Agreement. Una maggiore e più oculata immersione nel mondo dei sistemi Cloud computing più all'avanguardia potrebbe portare notevoli ed ulteriori vantaggi rispetto a quelli già constatati e testati dai responsabili e deducibili dalle risposte alle domande fornite dai responsabili nel corso delle interviste a differenza degli svantaggi calcolabili in misura minima e trascurabili rispetto ai benefici.

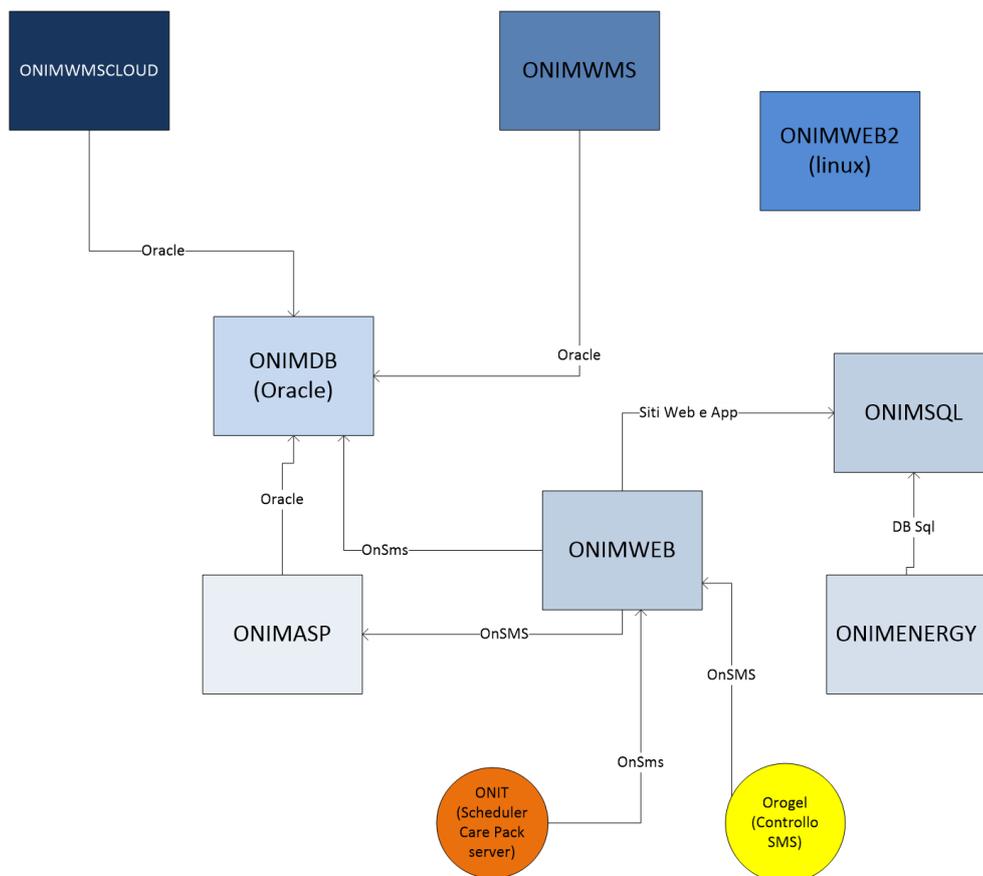


Figura 31 Modalità di collegamento fra le varie macchine virtuali in Cloud

6.4 Motivazioni iniziali per l'adozione di una soluzione Cloud

L'azienda è cresciuta esponenzialmente negli ultimi anni, il numero di clienti è cresciuto notevolmente così come il numero di applicativi ambientati nel Web e tutto ciò ha portato all'esigenza di miglioramento ed ampliamento dell'infrastruttura di rete aziendale. Il responsabili intervistati in collaborazione con la dirigenza avevano pensato solamente ai seguenti fattori per l'adozione di una soluzione di tipo Cloud come è risaltato dalle interviste riportate nel paragrafo 6.3:

- **Continuità di servizio:** i servizi Cloud garantiranno una continuità di servizio 24h su 24 e 7 giorni su 7, saranno sempre in funzione e grazie ai meccanismi di replicazione, anche in caso di problemi tecnici ad un data center, si riuscirà a non dover sospendere il servizio ai propri clienti (a meno che non ci siano problemi alla connessione Internet con cui tutti i servizi Cloud che non sarebbero raggiungibili).
- **Maggiore flessibilità e scalabilità della struttura di rete:** aumentare o diminuire le dimensioni dei server virtuali sarà disponibile grazie ad un solo passaggio manuale nel caso dell'attuale soluzione adottata (per sistemi più all'avanguardia come AWS e Azure viene fatto tutto in automatico).
- **Maggiore flessibilità dell'IT interno:** possibilità di lavorare con un più ampio raggio di azione riuscendo ad avere a che fare con più sistemi operativi come Windows Server o Linux e poter lavorare con una vasta gamma di database senza dover acquistare licenze software multiple avendo già tutto a disposizione sui servizi offerti dal provider.

In realtà i fattori da tenere in considerazione quando si analizza l'adozione di una soluzione di tipo Cloud sono molteplici e di natura molto più varia. Inizialmente era stata fatta un'analisi di tipo superficiale come si evince dalle parole di Valerio Borioni, responsabile BU Trasporti e facente parte del gruppo ricerca e sviluppo interno ad Onit, “non c'è stato bisogno di analisi, siamo partiti da un problema e abbiamo sfruttato il credito gratuito di Microsoft Gold.” e dalle parole di Francesco Barducci “Abbiamo scelto di affidarci al Cloud essenzialmente per garantire una continuità di servizio a tutti i nostri clienti” quindi è iniziato tutto come uno sfruttamento del credito elargito da Microsoft per la sottoscrizione al proprio contratto Gold senza un'attenta analisi approfondita da una parte e solamente per tutelare l'operatività sul cliente da un'altra. Per quanto riguarda proprio il passaggio ad una soluzione Cloud anche per quanto riguarda la gestione della rete interna, è stato considerato troppo alto l'investimento iniziale per il porting di tutti i server interni sulla “nuvola” da quanto emerso dall'intervista. Un'attenta e dettagliata analisi avrebbe fatto venire alla luce tutte le ulteriori possibili motivazioni per cui è basilare al giorno d'oggi applicare una soluzione di tipo Cloud alla rete interna di un'azienda informatica.

È stato di monito pochi giorni fa l'arresto temporaneo di tutta la rete interna aziendale per problemi tecnici ai server fisici, la produttività aziendale si è praticamente interrotta per circa

un'ora vista l'interruzione di qualsiasi contatto via rete col cliente, interrompendo il centralino VoIP interno così da lasciare tutti i dipendenti senza possibilità di comunicazione e inibendo la possibilità di scambiare e-mail nonché togliendo la possibilità di utilizzo del TFS di Visual Studio. Ecco tutto ciò sarebbe facilmente aggirabile implementando una soluzione Cloud che eroghi un servizio senza soluzione di continuità, vedremo nel capitolo relativo ai vantaggi e svantaggi tutta la serie di altri vantaggi che può portare una soluzione del genere.

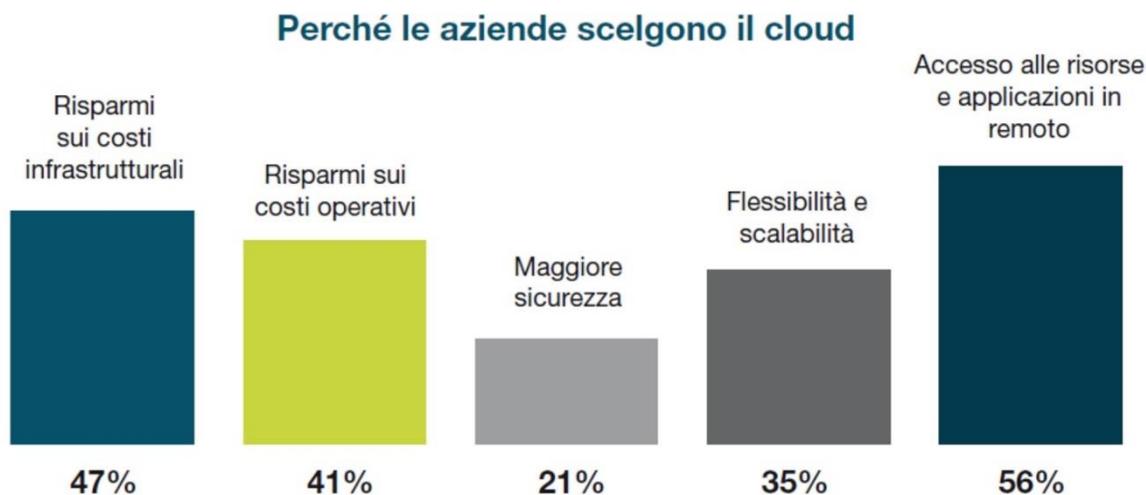


Figura 32 Principali motivazioni per l'adozione di sistemi Cloud per le aziende

6.5 Migliori tecnologie attuabili

Solo un'iniziale ed attenta valutazione degli obiettivi aziendali e del portafoglio IT permetterà di formulare un'adeguata soluzione Cloud idonea ai propri obiettivi. Dalle interviste si evince che per quanto riguarda le tecnologie da utilizzare non è stata fatta una profonda analisi come può suggerire la vasta presenza di provider e di diversità di offerte sul mercato dei sistemi Cloud. Ci sono diversi aspetti da considerare quando si vuole valutare quale sia la tecnologia e l'offerta migliori da intraprendere per ottenere il massimo guadagno possibile in termini di riduzione di costi, di redistribuzione della forza lavoro, di affidabilità del sistema, ecc... Possiamo individuarne tre principalmente:

- **Aspetti economici**
- **Aspetti tecnici ed implementativi**
- **Aspetti di privacy e sicurezza dei dati**

In genere gli aspetti economici sono quelli che hanno sempre un impatto molto più importante e deciso sulle possibili scelte da intraprendere da parte della direzione in tema di modifiche della propria struttura IT. Le migliori tecnologie presenti sul mercato permettono

un forte risparmio sul bilancio aziendale sia a breve termine che a lungo termine. La soluzione Cloud utilizzata per la gestione della su cui girano gli applicativi e database dei clienti ha già permesso la riduzione dei costi di struttura IT e di manutenzione oltre ad abbattere costi di ampliamento futuri come sottolinea Francesco Barducci: “Grazie alla soluzione Cloud abbiamo abbattuto notevoli costi di supporto tecnico eliminando i server preposti a far girare le applicazioni per i nostri clienti e soprattutto i costi di manutenzione relativi ad essi che erano decisamente costosi. Inoltre possiamo caricarci di meno investimenti futuri per il nostro sistema esterno visto che non grava più su di noi [...]”. La tecnologia al momento adottata per la gestione degli applicativi di produzione prevede una tariffa fissa mensile e non tariffa a consumo (pay-per-use) considerato l’utilizzo medio costante delle macchine virtuali messe a disposizione da Acantho, ma non sono rari casi di picchi di carico di lavoro che la macchina non è in grado di sostenere. Tutto ciò però non permette una gestione ottimizzata delle risorse computazionali ed anzi, pone di fronte al rischio di non riuscire a gestire situazioni di criticità come:

- **Under-Provisioning:** situazione in cui vengono allocate meno risorse del necessario in modo tale che il servizio non possa essere erogato con buone performance o addirittura non sia più raggiungibile da parte dell’utilizzatore.
- **Over-Provisioning:** situazione in cui vengono allocate più risorse del necessario che comporta uno spreco di denaro per l’utilizzatore e uno spreco di risorse per il provider.

Il sistema Cloud attualmente adottato non è quindi dotato di meccanismi o framework in grado di garantire elasticità automatica al sistema tale da garantire un utilizzo molto più performante come abbiamo visto nel capitolo 4. Proprio per questo i ragazzi della BU Sistemistica ogni mese controllano le performance di tutte le macchine virtuali (CPU, RAM e disco) per verificare eventuali sovraccarichi e intraprendere azioni correttive che nella totalità dei casi significano aumentare le capacità computazionali delle macchine. Tutto questa comporta di conseguenza un aumento del costo della suddetta macchina virtuale oltre che al costo di tutte le ore lavorative spese da ciascun sistemista per il controllo. Per fare fronte a problemi di questo tipo si può ricorrere all’utilizzo di sistemi che includano nelle proprie offerte una gestione elastica delle risorse computazionali come ad esempio Azure Virtual Machine, il servizio IaaS offerto da Microsoft Azure che offre vari tipi di risorse di calcolo scalabili e su richiesta nel quale viene fornita l’intera infrastruttura senza dover acquistare e gestire l’hardware fisico da parte di Onit ma basterà gestire la macchina virtuale. L’elasticità automatica fornita dal servizio macchine virtuali di Azure è fondamentale perché consente di pagare le macchine virtuali aggiuntive solo quando necessarie e di arrestarle al termine del picco nella domanda permettendo di risparmiare risorse economiche e nello stesso consentendo sicura continuità di lavoro ai propri clienti. L’unico vincolo presente per il porting delle macchine virtuali sui sistemi Azure è l’obbligatorietà per i dati sanitari dei singoli cittadini che per legge devono rimanere su territorio italiano quindi non possono essere memorizzati su data center dislocati al di fuori dei confini nazionali. Ad esempio si

possono utilizzare macchine virtuali di Azure Virtual Machine⁴⁶ Windows A2 con capacità di 2 core CPU, 3.5 GB di RAM, Disco da 135GB oppure l'utilizzo di macchine A1 con 1 core CPU, 1.75 GB di RAM, Disco da 70 GB pagando solo le effettive ore di utilizzo. Ci sono una varietà enorme di macchine configurabili per tipologia di sistema operativo installato e per risorse allocate, i prezzi variano di un range molto ampio e bisogna valutare attentamente quale configurazione è più idonea all'utilizzo che se ne andrà a fare. Da notare che è possibile utilizzare le Azure Virtual Machine anche per funzioni di sviluppo e testing.

Tra le macchine virtuali attualmente presenti sui server Cloud di Acantho vi sono anche n°2 macchine virtuali dedicate all'utilizzo con database, uno per database SQL ed uno per i database Oracle. Per quanto riguarda il database SQL ci sono due modi per gestirlo:

1. Attraverso il servizio Azure SQL Database, un servizio PaaS ottimizzato per lo sviluppo di applicazioni software come un servizio (SaaS) che si basa su hardware e software standardizzati appartenenti, ospitati e gestiti da Microsoft. Prevede un pagamento in base al consumo con la possibilità di aumentare o diminuire il numero di istanze per una maggiore efficienza e senza interruzioni. È meglio utilizzare questo servizio se si creano nuove applicazioni basate sul Cloud o si vuole eseguire la migrazione della soluzione SQL Server esistente per sfruttare la riduzione dei costi e fornire l'ottimizzazione delle prestazioni offerte dai servizi Cloud. Questo approccio offre i vantaggi di un servizio Cloud completamente gestito, consente di ridurre il time-to-market⁴⁷ iniziale e può fornire l'ottimizzazione dei costi a lungo termine. È utile scegliere questo servizio anche se si vuole che Microsoft si occupi di operazioni di gestione comuni sui database e si richiedono contratti di servizio con disponibilità più elevata per i database.
2. Tramite l'utilizzo ulteriore delle Azure Virtual Machines, quindi di un servizio IaaS che consente di eseguire SQL server in una macchina virtuale nel Cloud. Anch'esso si basa su hardware standardizzato appartenente, ospitato e gestito da Microsoft. In questo caso bisogna acquistare la licenza SQL Server od utilizzarne una già acquisita. Va scelto questo servizio nel caso in cui si vuole che Microsoft si occupi di operazioni di gestione comuni sui database e si richiedono contratti di servizio con disponibilità più elevata per i database oppure se si hanno risorse IT esistenti, sono necessari diritti amministrativi completi per SQL Server ed è richiesta la compatibilità totale con SQL Server locale. Questo approccio consente di ridurre i costi per lo sviluppo o la modifica delle applicazioni esistenti e offre la flessibilità necessaria ad eseguire la maggior parte delle applicazioni. Fornisce anche il controllo totale della macchina virtuale, del sistema operativo e della configurazione del database.

⁴⁶ Calcolo prezzo effettuato presso <https://azure.microsoft.com/it-it/pricing/calculator/>

⁴⁷ Time to Market: tempo che intercorre dall'ideazione del prodotto alla sua effettiva commercializzazione [https://it.wikipedia.org/wiki/Time_to_market]

Per quanto riguarda i database Oracle è possibile anche per essi essere gestiti tramite inclusione in Oracle Database oppure in Azure Virtual Machine con la stessa differenza di motivazioni di cui si è parlato per i database per i database SQL.

D'ora in poi si parlerà solo di Microsoft Azure (e non di AWS) come potenziale fornitore Cloud per molteplici fattori:

- Utilizzo dei 130 euro mensili per ogni utente MSDN⁴⁸ inclusi nel contratto di Onit per l'utilizzo della suite Microsoft.
- Immersione totale di Onit nell'ambiente Microsoft come ad esempio l'utilizzo di Visual Studio, Microsoft Office, IIS per la gestione dei servizi web, ecc... quindi sarà più facile per gli utenti trovare dimestichezza con le interfacce di utilizzo dei servizi Cloud.
- Azure è uno dei servizi Cloud tecnologicamente più avanzati sia dal punto di vista delle funzionalità di servizio sia dal punto di vista della sicurezza dei dati come vedremo nel paragrafo 6.7.
- Offre i propri servizi ad un prezzo molto vantaggioso sul mercato e i prezzi sono contrattabili direttamente per aziende come Onit che già collaborano ampiamente con Microsoft

La stessa tecnologia di cui parliamo sopra, ossia Azure Virtual Machines è attuabile anche per la risoluzione dei problemi citati alla fine del paragrafo precedente (6.4), ossia per la gestione dei server interni sia fisici che virtuali utilizzati per la rete interna Onit. Il passaggio di tutti i dispositivi hardware interni dell'azienda su data center Cloud è di importanza fondamentale per garantire l'operatività ai propri dipendenti oltre che per una serie di vantaggi che verranno illustrati nel paragrafo successivo. Tutte le n°3 macchine fisiche e le n°65 macchine virtuali verrebbero portate sulle macchine virtuali Azure raggruppando i servizi da montare in modo da ottimizzare le risorse allocate per la macchina virtuale facendo molta attenzione alla configurazione macchina in modo da sfruttare al massimo l'elasticità del sistema Azure.

Compreso nella rete interna vi è anche il server storage utilizzato per la memorizzazione di tutti i dati interni all'azienda, il servizio Azure Storage è estremamente scalabile e permette di pagare solamente per la quantità di dati archiviati e solamente per il periodo di tempo che utilizza il servizio. Viene utilizzato un sistema di partizionamento automatico che applica automaticamente il bilanciamento del carico dei dati in base al traffico per cui, in caso di aumento delle richieste, vengono automaticamente allocate le risorse appropriate per soddisfare le esigenze dell'azienda. Uno degli aspetti più importanti che porterebbe l'adesione al servizio di storage Cloud è la possibilità per i dipendenti di avere accesso da qualsiasi tipo di applicazione, sia che venga eseguita sul Cloud, in un desktop o su di un

⁴⁸ MSDN: forma di abbonamento attraverso il quale gli sviluppatori hanno accesso praticamente a qualsiasi software Microsoft sia stato pubblicato

dispositivo mobile in modo totalmente trasparente ed un costo effettivo minore di quello attuale utilizzando spazio persistito in locale.

Il prezzo dei servizi di archiviazione Azure variano in base ridondanza dei dati, qui sotto vengono elencati ordinati dal più economico al più costoso:

- **LRS (Locally Redundant System):** crea più copie asincrone dei dati in un singolo data center.
- **ZRS (Zone Redundant System):** archivia tre copie di dati in più data center nella stessa area geografica o in aree diverse
- **GRS (Geo Redundant System):** Uguale all'archiviazione con ridondanza locale, ma con più copie asincrone in un secondo data center a centinaia di chilometri di distanza.
- **RA-GRS (Read-Access Geographically Redundant Storage):** Uguale all'archiviazione con ridondanza geografica, ma con accesso in lettura al data center secondario.

Per quanto riguarda l'unico server storage utilizzato per la rete interna si potrebbe utilizzare:

- **Azure Blob Storage:** il servizio Azure Blob Storage per la memorizzazione di file di backup, big data e dati poco condivisi.
- **Azure File Storage:** per la memorizzazione di file condivisi tra le macchine virtuali.

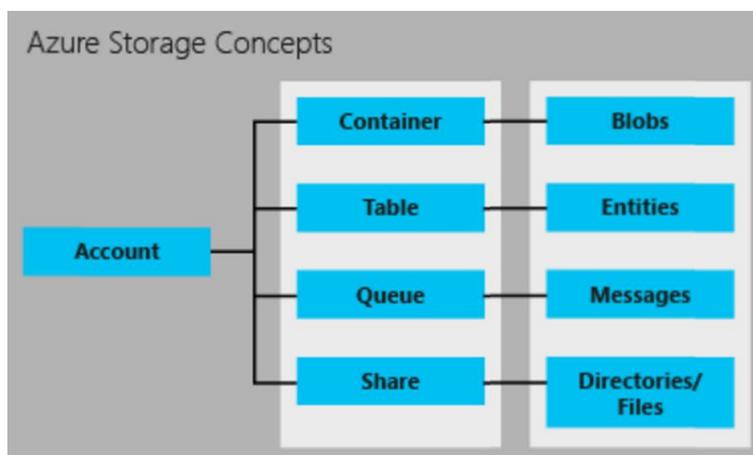


Figura 33 Tipologie di storage in Azure

Anche per quanto riguarda l'ambiente di lavoro degli sviluppatori Onit si necessita di un'attenta analisi per l'adozione di sistemi Cloud che possano apportare vantaggi per il lavoro dello sviluppatore e quindi dell'intera azienda. In questo caso Valerio Borioni ha già effettuato per conto di Onit dei test sulle modalità di lavorazione di alcuni servizi come si evince dall'intervista in cui dichiara: "Ho già in progetto di presentare al gruppo di ricerca l'adozione a due nuovi servizi molto importanti per un'azienda di progettazione software, si

tratta del sistema di autenticazione che avrebbe effetto trasversale per tutti i nostri servizi compresi quelli mobile e del sistema di TFS⁴⁹ online già utilizzato nella versione locale per il versionamento delle release e per il lavoro in team.”.

Per quanto riguarda il sistema di autenticazione risolverebbe molti problemi riguardo alla gestione delle active directory⁵⁰ agli amministratori del sistema (i sistemisti) e permetterebbe un accesso più semplice e sicuro per tutti i dipendenti anche da dispositivi mobile oltre che portare altri vantaggi che vedremo dettagliatamente nel paragrafo successivo.

Un altro servizio fondamentale per un'azienda di sviluppo software come Onit è Visual Studio Team Services, al momento presente su server locale per cui facendo il porting i dati sarebbero potenzialmente già sui server Cloud portando i server della rete interna sulla nuvola, ma questo specifico servizio si renderebbe molto più efficace visto che penserebbe in autonomia a tutto ciò che riguarda l'interazione tra i componenti del team di sviluppo come la gestione delle release versionate delle app e l'integrazione con altri tool.

Le performance dei sistemi Cloud dipendono molto dal livello di SLA concordato col provider al momento della sottoscrizione al servizio Cloud quindi è importante un'analisi sul livello di Service Level Agreement da richiedere.

6.6 Vantaggi e possibili svantaggi per l'azienda

Come già riscontrato dai responsabili intervistati si rivelano molteplici i vantaggi portati dall'adozione di una soluzione Cloud per l'azienda. Ovviamente fino ad oggi sono stati constatati solamente in minima parte tutti i benefici vista la minima immersione dell'azienda nel Cloud, la maggior parte dei benefici più importanti si potranno godere soltanto con l'adesione alla totalità dei servizi di cui si è parlato nel paragrafo precedente. Di seguito vediamo i vantaggi che ognuno di essi apporterebbe a tutto il sistema produttivo aziendale.

Per quanto riguarda tutti i server interni ed esterni si è fatto riferimento al servizio Azure Virtual Machine che assicurerebbe:

- Esecuzione economicamente vantaggiosa di applicazioni con elevati picchi a livello di domanda nel Cloud grazie all'eliminazione del sottoutilizzo dell'hardware del proprio data center. L'esecuzione di un'applicazione di questo tipo in Azure consente di pagare le macchine virtuali aggiuntive solo quando sono necessarie e di arrestarle al termine del picco nella domanda.

⁴⁹ TFS (Team Foundation Server): prodotto Microsoft che gestisce il code sorgente in Visual Studio. Effettua report, gestisce i requisiti, gestisce il progetto (anche per sviluppo agile), automatizza le build, permette il testing. Copre l'intero ciclo di vita dell'applicazione.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Team_Foundation_Server]

⁵⁰ Active Directory: insieme di servizi di rete meglio noti come directory service adottati dai sistemi operativi Microsoft, utilizzati per implementare la sicurezza in una rete distribuita di computer

- Semplice ripristino in caso di emergenza, il ripristino di emergenza basato su IaaS consente di pagare le risorse di elaborazione necessarie solo quando servono effettivamente. Ad esempio, se il funzionamento del data center primario si interrompe, è possibile creare macchine virtuali in Azure per eseguire le applicazioni essenziali, quindi chiuderle quando non sono più necessarie.
- Pagamento in base al tempo di utilizzo della macchina virtuale su base minutale, ossia vengono solamente i minuti effettivi di utilizzo senza bisogno di pagare in anticipo canoni mensili o annuali.
- Viene effettuato il monitoraggio dell'hardware fisico che ospita ogni macchina virtuale in esecuzione. Per cui se si verifica un problema su un server fisico che esegue una macchina virtuale, Azure rileva il problema, sposta la macchina virtuale su nuovo hardware e quindi la riavvia, tutto ciò permette di realizzare la continuità del servizio sia per il cliente che per Onit stessa.
- Possibilità di gestire in completa autonomia la configurazione delle macchine, applicazione di patch e manutenzione del sistema operativo in modo rendere la macchina il più possibile conforme alle proprie richieste.
- Scalabilità automatica delle risorse, ossia Azure si occuperà direttamente della gestione del traffico sulla macchina incrementando o diminuendo dinamicamente le istanze allocate per la macchina virtuale in modo da assicurare una continuità di servizio anche nei casi di picchi importanti di domanda.
- In caso di utilizzo per sviluppo e testing, vi sarà una diminuzione dei tempi di sviluppo di una nuova applicazione con conseguente abbassamento dei costi per la sua creazione.
- Riduzione consistente dei costi di manutenzione dell'infrastruttura IT.
- Abbattimento dei costi dell'energia elettrica vista l'assenza di server da tenere accesi 24 ore su 24, 7 giorni su 7.
- Riduzione della forza lavoro utilizzata per il controllo dei server Cloud (BU Sistemistica) e dei server interni ad oggi presenti quindi sarà possibile focalizzare la forza lavoro su altri ambiti aziendali.
- Riduzione totale dei costi per l'aggiornamento o il potenziamento dell'hardware aziendale, tutti i costi relativi all'hardware saranno a carico del provider
- Diminuzione dello spazio fisico occupato da server interni all'azienda, nel caso di Onit si recupererebbe un'intera stanza che è possibile rimodulare a piacimento.
- Reinvestimento verso altri settori aziendali delle somme risparmiate nel corso del tempo.
- Produttività al 100% per tutti i team di sviluppo e altri dipendenti aziendali dato che non ci sarà più il rischio di arresto dei servizi interni aziendali per problemi di natura tecnica, l'unica vincolante rimane la connessione ad internet su cui si basano tutti i servizi Cloud.

Per quanto riguarda il porting in Cloud dei database i vantaggi sono:

- La rete globale di data center gestiti da Microsoft, consente di mantenere il database in up 24 ore su 24, 7 giorni su 7 grazie al livello di disponibilità del 99,99% incluso nello SLA.
- Possibilità di ripristino temporizzato del database in caso di emergenza, di errore o di altri problemi tecnici.
- Possibilità di ripristino geografico del database in caso di evento imprevisto nell'area in cui è ospitato il database.
- Non c'è bisogno di progettare o acquistare meccanismi di protezione dei dati e tolleranza agli errori visto che sono inclusi nell'offerta Azure.
- Tutte le operazioni di controllo e monitoraggio di eventi vengono effettuate dal provider così da utilizzare meno forza lavoro per la BU Sistemistica e riutilizzare il tempo risparmiato in altri ambiti aziendali
- Riduzione dei costi per la gestione del sistema visto che si occupa di tutto il provider.
- Possibilità di configurazione del database/server in base alle proprie esigenze e di modificare la configurazione nel corso del tempo.
- Mantenimento di almeno tre repliche per ogni database facendo in modo che qualsiasi errore di una singola macchina non causi la perdita dei dati.
- Possibilità di creazione e cancellazione database senza ulteriore acquisto di hardware ulteriore, quindi riduzione dei costi hardware e riduzione dei tempi di attesa per la distribuzione del software collegato al database.
- Eliminazione dei tempi di inattività dei server contenenti i database visto che tutti gli aggiornamenti verranno effettuati in modo trasparente ed automatico dal provider.
- Possibilità di accedere ai dati da qualunque parte del mondo e da qualsiasi dispositivo tramite il solo utilizzo di una connessione internet e di un'interfaccia web.

Il servizio Azure Active Directory offre i seguenti vantaggi:

- Affidabilità elevata anche in caso di problemi in un data center dato che le copie dei dati delle directory saranno sempre disponibili in almeno due data center dislocati in aree geografiche diverse, consentendo l'accesso immediato.
- Possibilità di accesso Single-Sign-On ossia di avere accesso con un'unica operazione di login a tutti i servizi Microsoft.
- Miglioramento della sicurezza delle applicazioni grazie all'autenticazione a più fattori e all'accesso condizionale.
- Gestione coerente e self-service degli accessi alle applicazioni in modo da ottenere rapidità di azione riducendo al tempo stesso costi IT e costi generali.
- Monitoraggio dell'utilizzo delle applicazioni e protezione dell'attività da minacce avanzate grazie alla creazione di report e al monitoraggio della sicurezza
- Ulteriore sgravio nei compiti della BU Sistemistica visto che penserà solo alla configurazione iniziale del servizio e non si occuperà della manutenzione e dei problemi tecnici di autenticazione interna all'azienda per la maggior parte delle applicazioni utilizzate dai dipendenti.

Il servizio di Team Foundation Service porta i seguenti vantaggi all'azienda rispetto all'utilizzo attuale del TFS su server locale:

- Possibilità di salvare il versionamento delle applicazioni sul Cloud rendendo così tutte le release ufficiali e il software modificato ancora da rilasciare accessibili da qualunque posizione in qualsiasi momento tramite la sola connessione internet
- Aumenta la produttività per i software prodotti sviluppati attraverso la metodologia Agile⁵¹ visto che è tutto accessibile non solo tra le mura degli uffici ma anche quando si è fuorisede.
- Possibilità di accesso a tutto il codice in qualsiasi momento e da qualsiasi luogo.
- Sgravata l'azienda dal compito di creare backup di tutto il codice e della messa in piedi di meccanismi per il recupero dei dati in seguito ad errore di qualsiasi tipo.

Come anticipato dai responsabili a cui sono state fatte le interviste preliminare all'analisi il numero di svantaggi da considerare non è nemmeno lontanamente paragonabile alla lunga lista di vantaggi offerti dall'adozione di una soluzione Cloud, di seguito si elencano i pochi svantaggi:

- Dipendenza totale dalla connessione ad internet (elemento alla base dell'utilizzo di qualsiasi servizio Cloud). In caso di problemi tecnici o di rallentamenti alla rete internet sarà difficile o addirittura impossibile raggiungere i servizi Cloud per cui l'intera operatività aziendale rimarrebbe bloccata.
- Controllo dei server non posseduto dall'azienda per cui in caso di problemi tecnici non sarà sempre immediata la risposta del provider come anticipato da Francesco Barducci che nell'intervista puntualizzava: *“L'unico svantaggio prettamente legato al mio lavoro di sistemista è non essere padrone dell'infrastruttura[...]”*. Il tempo di risposta e il rimborso in caso di problemi tecnici per quanto riguarda Azure dipende fortemente dal livello di SLA.
- Possibile latenza⁵² del server Cloud in caso di distanza considerevole del server utilizzato dalla sede dell'azienda. Azure ha il data center più vicino nei Paesi Bassi ed ha una latenza per quanto riguarda la connessione con Onit di poco inferiore ai 40ms controllata attraverso il tool online raggiungibile al link <http://www.azurespeed.com/Azure/Latency>, dato ritenuto accettabile.

6.7 Analisi dei rischi per la sicurezza

⁵¹ Metodologia agile: insieme di metodi di sviluppo del software che propongono un approccio meno strutturato e focalizzato sull'obiettivo di consegnare al cliente, in tempi brevi e frequente, software di qualità e funzionante. [https://it.wikipedia.org/wiki/Metodologia_agile]

⁵² Latenza (tempo di latenza): l'intervallo di tempo che intercorre fra il momento in cui arriva l'input al sistema ed il momento in cui è disponibile il suo output, ossia il tempo di risposta di un sistema.

Al giorno d'oggi il capitolo sicurezza per i sistemi informatici è uno dei più discussi in particolare quando si tratta di sistemi Cloud visto che non si avrà più il controllo completo sui dati caricati su questi sistemi.

Non sono stati riscontrati problemi di sicurezza durante le interviste ai responsabili dei servizi Cloud in Onit come sottolinea Valerio Borioni: *“Decisamente no. Anzi forse il contrario, i sistemi Cloud che noi utilizziamo, ossia i servizi di Amazon Web Services e Microsoft Azure sono i migliori al mondo, i maggiormente utilizzati e sono conformi ai più sofisticati criteri di sicurezza visto che vengono adottati anche da vari enti governativi. I server locali sono ad oggi quelli soggetti all’attacco da parte di hacker a differenza di questi servizi Cloud che sono pressochè inviolabili [...]”*.

Al giorno d'oggi vista la proliferazione di attacchi malware alle aziende sia pubbliche che private si è reso difficile per le aziende mantenere un livello di sicurezza tale da ritenersi ragionevolmente in un range di aleatoria sicurezza come dichiara anche Aaron Levie, il CEO di Box, in un'intervista [34] rilasciata pochi giorni fa: *“Many organizations are unable to keep up with the security requirements”*, ossia che le aziende non riescono a star dietro a tutti i requisiti di sicurezza richieste.

Una recente indagine [35] effettuata da EvolveIp.net effettuata su 1.080 aziende che utilizzano il Cloud ha messo in risalto la soddisfazione nell'ambito della sicurezza dei servizi Cloud visto che 8 aziende su 10 credono che, in caso di malfunzionamenti e disastri ambientali, i dati sarebbero più sicuri sul Cloud che su sistemi locali, inoltre 6 su 10 credono che avere i dati sul Cloud li renda più protetti dagli attacchi. La percezione di sicurezza per i sistemi Cloud sta aumentando negli ultimi anni visto anche gli sforzi affrontati dalle grandi aziende come Microsoft per un aspetto così importante dei sistemi Cloud. Lo dimostrano i numerosi attestati e certificazioni governativi ricevuti da Azure come ISO 27001, FedRamp, SOC 1 e SOC 2, inoltre soddisfano anche gli stretti parametri di sicurezza a livello regionale e statale come EU Model Clauses (Unione Europea), UK G-Cloud (Regno Unito), Singapore MTCS (Singapore), Australia CCSL (Australia), China MPLS e China GB (Cina), DISA Level 2 (USA).

I sistemi privati aziendali e in questo caso Onit non arriveranno mai a questi livelli di sicurezza.

7. Conclusioni

Una forte curiosità e predilezione per le nuove tecnologie mi ha indirizzato verso l'approfondimento di questo tema davvero interessante. È l'argomento più trattato per quanto riguarda l'informatica negli ultimi anni e nel giro di pochi anni il Cloud è destinato a diventare la normalità quindi comincerà ad essere visto come uno standard per tutte le aziende di tutto il mondo. La maggioranza degli articoli meno tecnici più comunemente letti sul Cloud trattano principalmente degli aspetti di alto livello come l'adozione del Cloud e i presunti problemi legati alla privacy e alla sicurezza dei dati ma gli articoli di carattere tecnico si occupano nella maggior parte dei casi di approfondire aspetti legati alla caratteristica fondamentale dei sistemi Cloud, l'elasticità. L'elasticità è quella caratteristica che ha permesso ai sistemi Cloud di soppiantare i mainframe degli anni 70/80, trasformando letteralmente il modo di pensare l'informatica, per questi motivi il mio interesse si è spostato sull'approfondimento di questo tema cruciale.

Il Cloud computing è quel paradigma che sta cambiando il modo di vivere delle persone senza che se ne accorgano, le accompagna tutti i giorni durante la vita quotidiana soprattutto attraverso l'utilizzo di smartphone, tablet e dispositivi in mobilità. Ma i benefici più evidenti si hanno nell'adozione ai servizi Cloud da parte delle aziende; lavorando da circa un anno per l'azienda Onit, di cui ho ampiamente parlato nell'ultimo capitolo, ho potuto testare personalmente gli svantaggi che può portare la non totale immersione dell'azienda nel sistema Cloud e le limitazioni per l'operatività che ne conseguono. Si può ritenere realmente fondamentale il Cloud per permettere alle aziende di rinnovarsi tecnologicamente e nel contempo diminuire drasticamente i costi di esercizio e ottenere svariati vantaggi in tutti i settori aziendali.

A questo punto ho ritenuto importante analizzare la situazione attuale dell'azienda Onit di cui faccio parte partendo dall'intervistare le persone che hanno avuto più a che fare con la parziale adozione al Cloud attuata al momento in azienda. È stato molto interessante ascoltare le loro opinioni sull'iniziale utilizzo del Cloud ed è chiaramente risaltata anche per loro l'ottima duttilità dei sistemi basati sulla "nuvola". Analizzando vari aspetti e settori a cui il Cloud può essere applicato è emersa una decisa capillarità di utilizzo di questi sistemi, in particolare quelli offerti da Microsoft Azure, i quali si integrerebbero perfettamente con l'intero ambiente di lavoro già esistente considerata anche la già esistente e proficua partnership di Onit con Microsoft.

Ritengo l'adozione ai servizi Azure analizzati di primaria importanza per l'azienda per cui lavoro e spero che questo elaborato possa essere d'aiuto ad Onit per cominciare ad aumentare gradualmente e proficuamente la propria immersione nei servizi Cloud.

8. Bibliografia

- [1] Tratto dall'intervista di Mike Daisey a Steve Wozniak (<http://www.zdnet.com/article/wozniak-i-really-worry-about-everything-going-to-the-cloud/>)
- [2] Tratto da un'intervista rilasciata al The Guardian da Richard Stallman
<http://www.theguardian.com/technology/2008/sep/29/cloud.computing.richard.stallman>
- [3] Tratto da un'intervento durante OracleWorld, ripreso dall'articolo:
<http://www.cnet.com/news/oracles-ellison-nails-cloud-computing/>
- [4] Tratto da un'intervista alla CNBC: <http://www.cnbc.com/2014/10/20/cnbc-exclusive-cnbc-transcript-microsoft-ceo-satya-nadella-sits-down-with-cnbc-jon-fortt.html>
- [5] Tratto da un'intervento durante la presentazione del lettore elettronico e ripreso da:
<http://www.zdnet.com/article/amazon-ceo-jeff-bezos-cloud-services-can-be-as-big-as-retail-business/>
- [6] Tratto da un'intervista alla CNBC: <http://www.cnbc.com/2015/10/07/ceo-skys-the-limit-for-cloud-computing-competitors.html>
- [7] Intervista al CEO di SAP presa da: <http://www.forbes.com/sites/sap/2014/03/21/behind-the-cloud-computing-explosion-35-million-ways-to-accelerate-innovation/#2715e4857a0b1e033ca161d5>
- [8] Garfinkel, Abelson, Hal, “*Architects of the Information Society, Thirty-Five Years of the Laboratory for Computer Science*” at MIT, <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=553693> , 1999
- [9] Llorente, Milojicic, Montero “*Opennebula: A cloud management tool*”,
http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5731584&tag=1 , 2011
- [10] Tratto da: <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>
- [11] Tratto da intervento di Eric Schmidt al Search Engine Strategies Conference e ripreso su
<http://www.zdnet.com/article/google-ceos-new-paradigm-cloud-computing-and-advertising-go-hand-in-hand/>
- [12] Tratto da articolo scritto da Nicole Herskowitz, direttrice marketing per i prodotti Microsoft per la piattaforma Cloud: <https://azure.microsoft.com/it-it/blog/helping-azure-customers-achieve-more-at-the-best-prices/>

- [13] Lehrig; Eikerling, Becker: "*Scalability, Elasticity, and Efficiency in Cloud Computing: a Systematic Literature Review of Definitions and Metrics*",
<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2737185>, 2015
- [14] OCDA "*Open Data Center Alliance Master Usage Model: Compute Infrastructure as a Service*",
http://www.opendatacenteralliance.org/docs/ODCA_Compute_IaaS_MasterUM_v1.0_Nov2012.pdf, 2012
- [15] Herbst, Samuel Knoev, Raif Reussner, "*Elasticity in cloud computing: What it is, and what it is not*", <https://sdqweb.ipd.kit.edu/publications/pdfs/HeKoRe2013-ICAC-Elasticity.pdf>, 2013
- [16] E. Schouten, "*Rapid Elasticity and the Cloud.*"
<http://thoughtsoncloud.com/index.php/2012/09/rapid-elasticity-and-the-cloud>, 2012
- [17] Wolski, "*Cloud Computing and Open Source: Watching Hype meet Reality*", http://www.ics.uci.edu/~ccgrid11/files/ccgrid-11_Rich_Wolsky.pdf, 2011.
- [18] <http://blogs.opentext.com/benefits-of-elasticity-in-cloud-based-b2b-integration/>
- [19] Ming Mao and Marty Humphrey: "*Auto-scaling to minimize cost and meet application deadlines in cloud workflows*"
http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6114435&tag=1, 2011
- [20] Mark D. Hill: "*What is scalability?*"
http://pages.cs.wisc.edu/~markhill/papers/can90_scalability.pdf, 1990
- [21] Cáceres, Vaquero, Rodero-Merino, Polo, Hierro: "*Service Scalability over the Cloud.*",
<http://www.springerlink.com/index/MT877601J8700786.pdf>, 2010
- [22] Vaquero, Rodero-Merino, Buyya. "*Dynamically scaling applications in the cloud*"
<http://jarrett.cis.unimelb.edu.au/papers/ScalabilityInCloud2011.pdf>, 2011
- [23] Nilabja, Dubey, Gokhale: "*Efficient autoscaling in the Cloud using predictive models for workload forecasting*", <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6008748>, 2011
- [24] Tratto da: http://www.cloudscale-project.eu/media/filer_public/2013/11/05/cloudscale_d11_design_support_initial_version.pdf, 2013

- [25] Oracle, “*Brief history of virtualization*”,
https://docs.oracle.com/cd/E26996_01/E18549/html/VMUSG1010.html , 2014
- [26] R. Buyya, J. Broberg, A. Goscinski, “*Cloud Computing: Principles and Paradigms*”,
<http://www.chinacloud.cn/upload/2011-07/11073107539898.pdf> , 2011
- [27] Tratto da: <https://aws.amazon.com/it/whitepapers/overview-of-amazon-web-services/>
- [28] Tratto da documentazione AWS: <http://docs.aws.amazon.com/>
- [29] Tratto da documentazione Microsoft Azure: <https://azure.microsoft.com/en-us/services/>
- [30] Tratto da altra documentazione Azure: <https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/fundamentals-introduction-to-azure/>
- [31] Tratta da: <http://www.slideshare.net/AmazonWebServices/public-iaa-s-provider-bake-off-aws-vs-azure-kyle-hilgendorf-gartner-day-2>
- [32] Per visualizzare tutti i maggiori clienti di AWS: <https://aws.amazon.com/it/solutions/case-studies/>
- [33] Ricerca tratta da: <https://www.srgresearch.com/articles/aws-remains-dominant-despite-microsoft-and-google-growth-surges>
- [34] Tratta da: <http://fortune.com/2016/03/02/box-ceo-aaron-levie-security-cloud/>
- [35] Tratta da: <http://www.evolveip.net/2016-survey?src=pr>

9. Ringraziamenti

Desidero ringraziare il prof. Andrea Omicini, relatore di questa tesi, per la grande disponibilità e cortesia dimostratemi.

Ringrazio principalmente i miei genitori che mi hanno permesso di raggiungere questo insperato ed importante traguardo grazie al loro enorme sostegno morale ed economico.

Voglio ringraziare inoltre tutti coloro che hanno condiviso con me, anche solo per poco, questo lungo cammino che, nonostante le difficoltà, sono riuscito a portare a termine.

Infine ringrazio l'azienda Onit Group per la fiducia che mi ha concesso in questo primo anno di lavoro e soprattutto per aver assecondato le mie necessità consentendomi di elaborare questa tesi a discapito dell'orario lavorativo.