



Università degli Studi dell'Aquila  
Facoltà di Ingegneria

---

Tesi di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica e Automatica

# Realizzazione di un prototipo della versione Cloud SaaS della suite IBM BigFix: Automazione del deployment e del testing

**Relatore interno:**

Prof. Serafino Cicerone

**Laureando:**

Beniamino Negrini

**Correlatore:**

Dott. Marco Secchi

**Relatore esterno:**

Dott. Bernardo Pastorelli

---

Anno Accademico 2016/2017

*Dedica a piè pagina*

# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>IBM BigFix</b>	<b>7</b>
2.1	BigFix . . . . .	7
2.1.1	Architettura . . . . .	7
2.1.2	BigFix Platform . . . . .	10
2.1.3	BigFix Applications . . . . .	10
2.1.4	Fixlets . . . . .	11
2.2	IBM . . . . .	12
2.3	SaaS Exploration Project . . . . .	12
2.3.1	Il framework SCRUM . . . . .	13
2.3.2	Sistemi di controllo di versione . . . . .	13
2.3.3	RTC . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Il Cloud e le sue sfaccettature</b>	<b>16</b>
3.1	Cloud Computing . . . . .	16
3.1.1	Vantaggi del Cloud Computing . . . . .	18
3.2	Tipologie di servizi Cloud . . . . .	19
3.2.1	IaaS, Infrastructure as a Service . . . . .	19
3.2.2	PaaS, Platform as a Service . . . . .	20
3.2.3	SaaS, Software as a Service . . . . .	22
3.3	SOA, Service Oriented Architecture . . . . .	25

---

3.4	Il software On Premise . . . . .	25
<b>4</b>	<b>SaaS e i suoi requisiti</b>	<b>27</b>
4.1	Availability . . . . .	27
4.2	Reliability . . . . .	28
4.3	Dependability . . . . .	28
4.3.1	Availability e Reliability nel contesto Cloud . . . . .	28
4.4	Scalability . . . . .	29
4.5	Monitoring . . . . .	30
<b>5</b>	<b>SaaS, le tecnologie che ne consentono la realizzazione</b>	<b>32</b>
5.1	Microservizi . . . . .	32
5.1.1	Il modello monolitico a layer . . . . .	33
5.1.2	Confronto tra l'architettura a microservizi e il modello monolitico . . . . .	34
5.1.3	Vantaggi e svantaggi di un'architettura a microservizi . . . . .	34
5.2	Containers . . . . .	37
5.2.1	I containers e le Macchine Virtuali . . . . .	38
5.2.2	Vantaggi dei container . . . . .	39
5.2.3	I container e i microservizi . . . . .	39
5.2.4	Docker . . . . .	39
5.2.5	Kubernetes . . . . .	39
<b>6</b>	<b>IBM BigFix on SaaS, progettazione del prototipo</b>	<b>41</b>
6.1	Interaction Design . . . . .	41
6.2	Requisiti Non Funzionali . . . . .	41
6.2.1	Dependability . . . . .	41
6.2.2	Scalability . . . . .	42
6.2.3	Monitoring . . . . .	42
6.3	Definizione architetturale . . . . .	42
6.3.1	Gap prd es . . . . .	42

---

<b>A Tecnologie Utilizzate(template di prova - ANCORA DA SCRIVERE)</b>	<b>43</b>
A.1 Linguaggi di programmazione . . . . .	44
A.2 Linguaggi di Markup e Stile . . . . .	44
A.3 Framework . . . . .	44
A.4 Ambiente di Sviluppo . . . . .	44
A.4.1 Eclipse . . . . .	44
A.4.2 Piattaforma Web . . . . .	45
A.4.3 Browser Testing . . . . .	45

# Capitolo 1

## Introduzione

(prima bozza)

E' sempre più evidente che il cloud computing è il futuro del software. La rivoluzione consta nella distribuzione dei servizi di calcolo e nella virtualizzazione delle risorse, dando così all'utente la sensazione di un utilizzo centralizzato. Tutto ciò si è reso realizzabile dal momento in cui l'accesso alla rete è divenuto possibile da sempre più dispositivi e con velocità di connessione sempre maggiore.

La tematica del cloud computing è stata centrale nel mio lavoro di tesi presso l'azienda IBM (International Business Machines Corporation) nella sua sede di Roma. Ho partecipato attivamente alla realizzazione di un prototipo software, ossia la versione SaaS della suite IBM BigFix. BigFix è una suite di prodotti dedicati alle aziende che risolvono problematiche di Endpoint Security e di compliance di dispositivi a determinate politiche aziendali. Tramite questi prodotti si ottiene pieno controllo su tutti i dispositivi aziendali. Si possono ad esempio rilevare eventuali attacchi o si possono distribuire aggiornamenti e patch.

La sfida da me raccolta è quindi proprio quella di portare tutto questo arsenale di strumenti nella leggerezza del cloud. Rendendolo disponibile, nel giro di pochi minuti, anche a chi è sempre stato intimorito dalla difficoltà di installazione di uno strumento così potente, ma allo stesso tempo complesso.

## Capitolo 2

# IBM BigFix

## 2.1 BigFix

I prodotti della suite IBM BigFix consentono di monitorare e gestire in tempo reale un elevato numero di dispositivi connessi (fino a 250.000). Questi possono essere sia fisici che virtuali, come ad esempio server, desktop, notebook, dispositivi mobili, tablet, POS, ATM e chioschi self-service. Gli utenti principali di questi prodotti sono gli amministratori di sistema. Tramite le applicazioni BigFix possono avere il pieno controllo sugli endpoint. Possono ad esempio distribuire software, applicare delle patch, effettuare il deploy di sistemi operativi, proteggere da attacchi di rete e molto altro.

### 2.1.1 Architettura

L'architettura di BigFix può essere, per sua natura, molto articolata, nel caso si debba gestire un numero elevato ed eterogeneo di dispositivi. Essa si basa sul consolidato pattern stilistico client/server, ma con una struttura leggermente variata, prevedendo l'inserimento di un ulteriore layer frapposto tra client e server, i Relay, i quali sono fondamentali per bilanciare il carico.

Ma partiamo subito con un esempio per avere un punto di riferimento. Come possiamo notare, l'elemento centrale è il server di BigFix, il quale ha lo scopo di

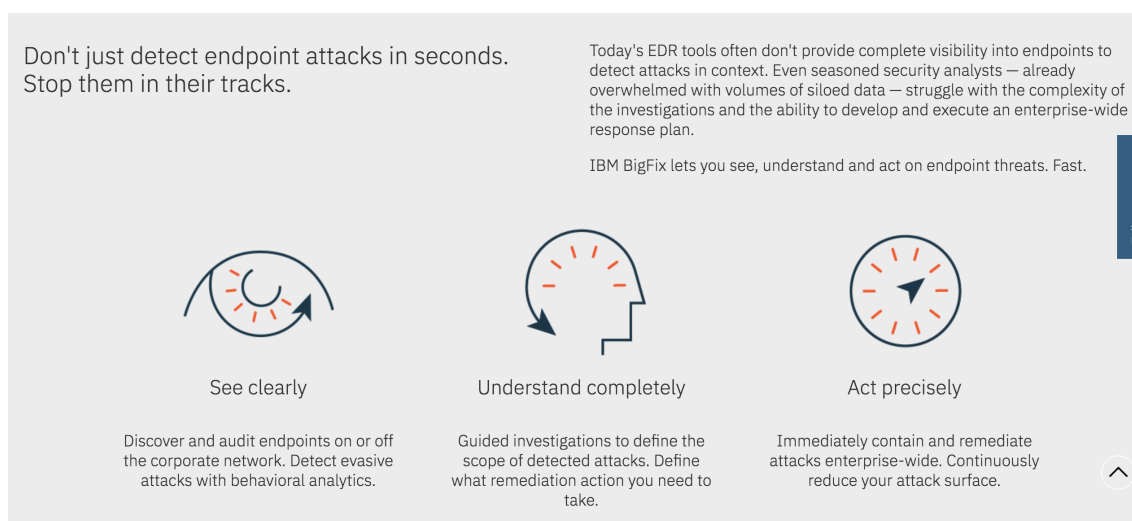


Figura 2.1: Breve header descrittivo di BigFix dal sito web di IBM Security

raccogliere dei particolari messaggi chiamati Fixlet. Questi messaggi devono poi venire inoltrati ai Relay. E' competenza dei Relay interagire con i singoli client e assicurarsi l'esecuzione delle Fixlet. Le Fixlet, infatti, altro non sono che delle azioni che devono essere necessariamente compiute dai client. Una sorta di "catalogo" delle Fixlet più utili può essere trovato sul Content server che è accessibile via internet da gli utilizzatori di BigFix. In tutto ciò la finestra dalla quale opera l'amministratore è ovviamente la Console, la quale monitora tutto il flusso di lavoro di BigFix. Andiamo ora ad analizzare le singole componenti dell'architettura.

**Servers** Il server coordina tutto il flusso di informazioni e si preoccupa di salvare le informazioni sul database. Al tempo stesso però, lascia agli Agent il compito di effettuare analisi ed eseguire azioni specifiche. Ciò consente di liberare il server da un pesantissima computazione. Per questo motivo il server stesso può gestire un altissimo numero di client.

**Relays** I Relay si comportano come una cache tra i client e il server e sono di numero variabile in base al numero di client. Aiutano il server a gestire i dispositivi anche se funzionalmente non sono altro che client che sono stati promossi a Relay, aggiungendo a loro dei servizi. A questo punto i client non si interfaceranno mai



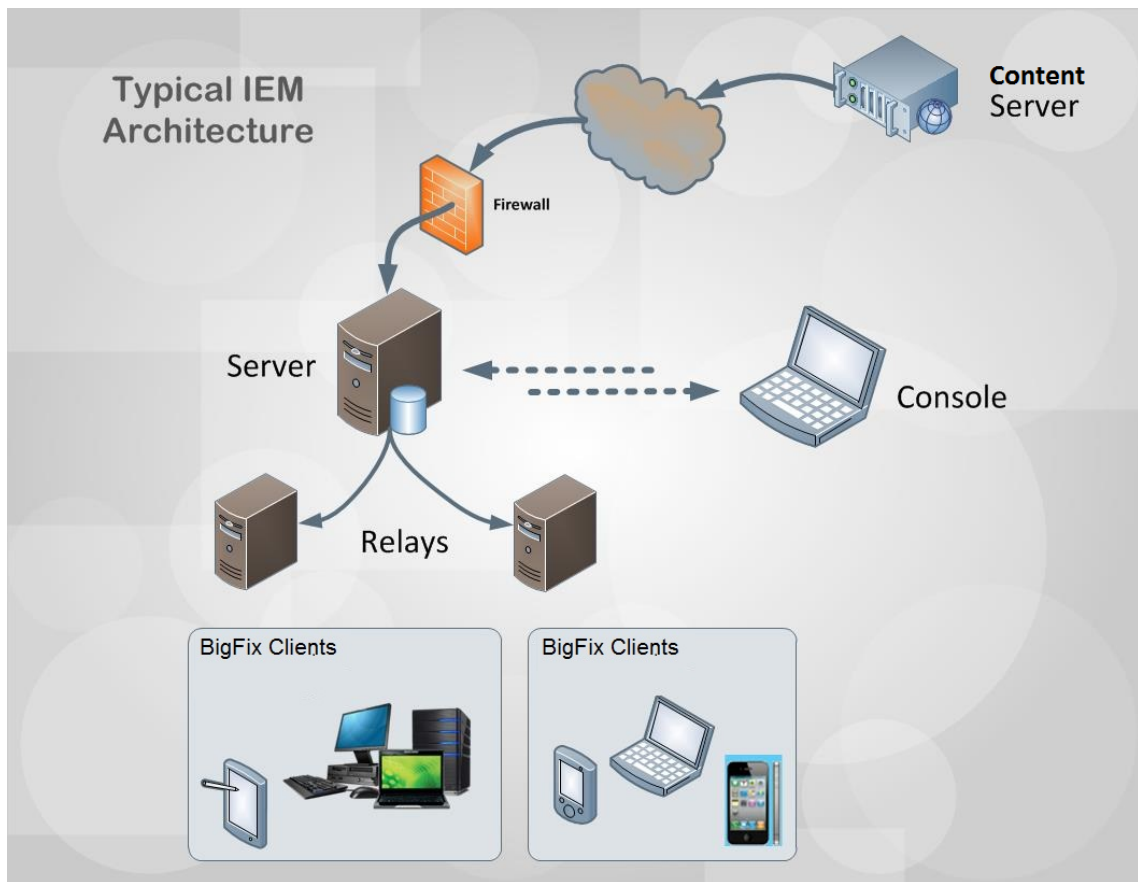


Figura 2.2: Un'architettura BigFix di esempio

con il server, alleggerendone così notevolmente il workload. Possono, ad esempio, più client richiedere un download al Relay, il quale effettuerà un'unica richiesta al server

**Agents** Un Agent è installato su ogni client facente parte dell'architettura di Big-Fix. Essi hanno il compito di raccogliere le Fixlet, tramite le quali sono in grado di compiere tutte le azioni necessarie. Un Agent fa dei continui check per confrontare lo stato del dispositivo con le policy stabilite. Appena scopre che il dispositivo è fuori dalla compliance, informa il server ed agisce subito per porre rimedio e, al termine dell'attività, l'Agent informa nuovamente il server sull'esito dell'operazione.

**Web Reports** I Web Reports costituiscono il componente che consente ad utenti autorizzati di monitorare tutti i dispositivi di BigFix. Si può, in questo modo, tenere traccia di vulnerabilità, azioni richieste e molto altro.

**Consoles** La Console permette agli amministratori di interagire con tutti i client dell'ambiente BigFix. Gli utenti possono così distribuire velocemente patch e configurazioni.

**Content Server** Il Content server è una sorta di repository. Contiene Fixlet a bassa personalizzazione che fanno fronte a esigenze più o meno comuni a tutti gli utenti BigFix. Possono essere prelevate ed utilizzati per i propri fini.

BigFix, da un punto di vista logico, si suddivide in due grandi macro-componenti, la Platform e le Applications. La prima svolge la funzione di layer sopra la quale vengono sviluppate tutte le funzionalità dello strato di applications. Questa suddivisione consente una chiara suddivisione delle competenze da parte di progettisti, sviluppatori, tester e assistenti dei clienti. Il team della Platform si concentra quindi nel fornire una solida infrastruttura al team delle Applications, il quale svilupperà i singoli strumenti al servizio dell'utente.

### 2.1.2 BigFix Platform

La Platform è una tecnologia multi-layer scritta in linguaggio C++ che agisce come colonna portante di tutta l'infrastruttura di BigFix. Essa svolge infatti funzioni fondamentali, spesso utilizzate anche da altre applicazioni dei layer superiori. Le attività della Platform sono fondamentali per la sussistenza dell'architettura che abbiamo descritto poco fa.

### 2.1.3 BigFix Applications

Tutti i prodotti applicativi che fanno parte di questo componente consentono di gestire in maniera semplice le operazioni inerenti alla security. A differenza della Platform, sono implementate in linguaggio Java o JavaScript ed hanno funzio-

nalità atomiche tra di loro. Sono l'interfaccia principale con il quale interagisce l'amministratore aziendale.

**BigFix Lifecycle** Questa è l'applicazione che l'amministratore utilizza per gestire il ciclo di vita degli endpoint fisici. Ha una visibilità completa su di essi e pone rimedi immediati. Tra le funzioni principali ci sono quelle di power management, software distribution e OS deployment.

**BigFix Patch** E' l'applicazione che consente la distribuzione di patch sia a livello di applicativi che a livello di sistema operativo.

**BigFix Compliance** Si utilizza questa applicazione per garantire la compliance dei dispositivi, identificare irregolarità e risolverle.

**BigFix Protection** Questa applicazione viene adoperata per garantire una protezione real-time contro qualsiasi genere di malware (virus, trojan, worms, spyware, rootkits e altre minacce web). Ha ovviamente effetto sia sugli endpoint fisici che sulle macchine virtuali.

**BigFix Inventory** Come dice la parola stessa, questa applicazione si occupa di analizzare gli endpoint e generare un inventario di tutti i software su essi installati, generando dei report ed evidenziando, eventualmente, le irregolarità.

### 2.1.4 Fixlets

Le Fixlet sono il metodo attraverso il quale si svolgono tutte le operazioni, come distribuzione di software, installazioni di patch e configurazioni. Esse sono dei messaggi inoltrati ai client di BigFix e utilizzano un linguaggio di query specifico, il Relevance.

#### Il linguaggio Relevance

Con una Fixlet si può anche ispezionare un desiderato aspetto di un client. A tale scopo viene adoperato il linguaggio Relevance. Esso, infatti, consente di interrogare

il client, identificandone caratteristiche dell'hardware o del software tramite particolari costrutti, gli *Inspectors*. Una necessità può essere infatti quella di applicare una *Fixlet* solamente a dei client con determinate caratteristiche hardware/software oppure che si trovano in stati ben definiti. Si può, in questo modo, facilmente identificare il corretto sottoinsieme di client ai quali è destinata una nuova *Fixlet* ed applicarla solo ad essi.

## 2.2 IBM

Come detto, il lavoro di tesi si è svolto nell'ambito di un progetto formativo stipulato tra l'Università dell'Aquila e IBM Italia Spa. Questo progetto ha previsto un tirocinio svolto nella sede di Roma con obiettivo: "Esplorazione e prototipazione di metodi per portare prodotti BigFix su cloud", per l'appunto la realizzazione del prototipo di BigFix SaaS.

La storia dell'IBM ha inizio nei primi decenni del novecento, ma è dagli anni settanta che entra nel mercato dell'informatica, soprattutto nel settore hardware. Negli ultimi venti anni il business si è spostato sempre più sul software. In particolare soluzioni cognitive e piattaforme cloud.

**IBM Security** Presso la sede di Roma presente il più importante laboratorio IBM italiano, il Rome Software Lab. Nella divisione italiana ci si concentra prevalentemente sullo sviluppo back-end. Una grossa fetta del laboratorio fa parte della divisione Security di IBM. Il portfolio di Security contiene per l'appunto prodotti che si occupano di diversi aspetti della security aziendale, tra questi BigFix è uno dei più consolidati.

## 2.3 SaaS Exploration Project

Lo scopo del progetto al quale ho partecipato con il mio lavoro è quello di esplorare le tecnologie esistenti nel panorama cloud e realizzare il prototipo della versione SaaS di BigFix. A questo scopo, oltre a me, sono state allocate altre tre persone full time al conseguimento del progetto, sotto la guida dell'Architect Bernardo Pastorelli.

### 2.3.1 Il framework SCRUM

Il team adotta il framework agile SCRUM. Questo modo di operare è di sempre maggiore diffusione ed è basato su un approccio iterativo e incrementale nello sviluppo software. Il design e lo sviluppo sono divisi in iterazioni, denominate "Sprint", della durata fissa di due settimane. Queste due settimane terminano sempre con una versione funzionante del prodotto, il quale viene mostrato in una demo che evidenzia le nuove features implementate.

SCRUM utilizza un approccio empirico alla progettazione. La filosofia di fondo del framework è quella che la conoscenza deriva dall'esperienza, e quindi tutte le scelte che si prendono nel corso della progettazione devono avvenire alla luce di una sempre maggiore esperienza, la quale si ottiene avendo a disposizione il prima possibile un sottoinsieme del prodotto a se stante, testabile ed usabile. Dì qui l'approccio fortemente iterativo e incrementale massimizzando le opportunità di feedback.

All'inizio del progetto vengono definiti i requisiti del prodotto (item), i quali vengono da un'attenta analisi dei bisogni dell'utente. Ogni bisogno viene modellato con una Epica, che a sua volta viene prioritizzata e aggiunta al Product Backlog che le indicizza. Le Epiche vengono poi scomposte in User Stories, le quali si suddividono a loro volta in Task, ossia l'elemento atomico del progetto la cui implementazione viene presa in carico da un singolo componente del team.

L'inizio di uno Sprint è sempre caratterizzato da un meeting in cui si pianificano gli obiettivi. In questo contesto si fa sempre riferimento al Backlog incentrandosi sulle User Stories ancora non coperte. Si cerca quindi di suddividersi i Task in modo tale da avere a fine Sprint quelle nuove funzionalità usabili e dimostrabili. Demo che viene svolta sempre con la presenza di tutto il team e anche di colleghi di altri laboratori IBM.

### 2.3.2 Sistemi di controllo di versione

Da un'organizzazione di questo tipo ne scaturisce la necessità di tool di controllo di versione che permettano una fluida gestione del codice e della programmazione in

parallelo tra i diversi componenti del team.

**GitLab** A tal scopo si è adottato ormai da tempo, da tutto il team di BigFix, il software di controllo di gestione distribuito Git e una repository aziendale che consiste in una versione enterprise ad hoc per IBM di GitLab, un hosting service molto simile a GitHub.

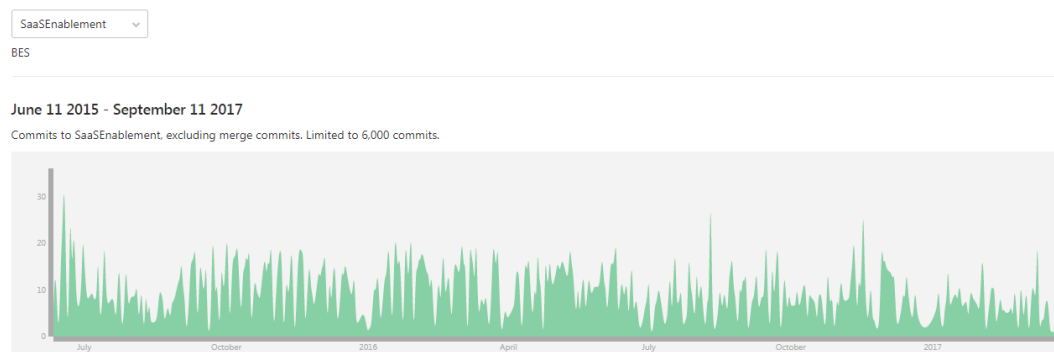


Figura 2.3: Panoramica degli ultimi contributi nel branch del progetto SaaS

Il flusso di lavoro è il seguente. Quando inizia il proprio task, il componente del team si pone su un proprio branch personale sul quale effettua i propri commit. Al termine del task viene fatta una merge request sul branch principale, sono una volta che si è testato il codice, per aggiungere i propri contributi al progetto. A questo punto, dopo una review effettuata da componenti del team accreditati, il nuovo branch verrà mergiato con il branch principale.

### 2.3.3 RTC

E' ovviamente necessario un tool che coordini anche la suddivisione dei task all'interno del team. A tal fine abbiamo utilizzato un software di IBM, ovvero Rational Team Concert (RTC), il quale è disponibile anche esternamente e gratuito nel caso di piccoli team. Esso offre comodi strumenti di agile planning e gestione di ciclo di vita del software. Ogni componente del team può così tracciare facilmente le aree di sua competenza. E' possibile inoltre usufruire di tool per il source control, controllo dei difetti e gestione delle build.

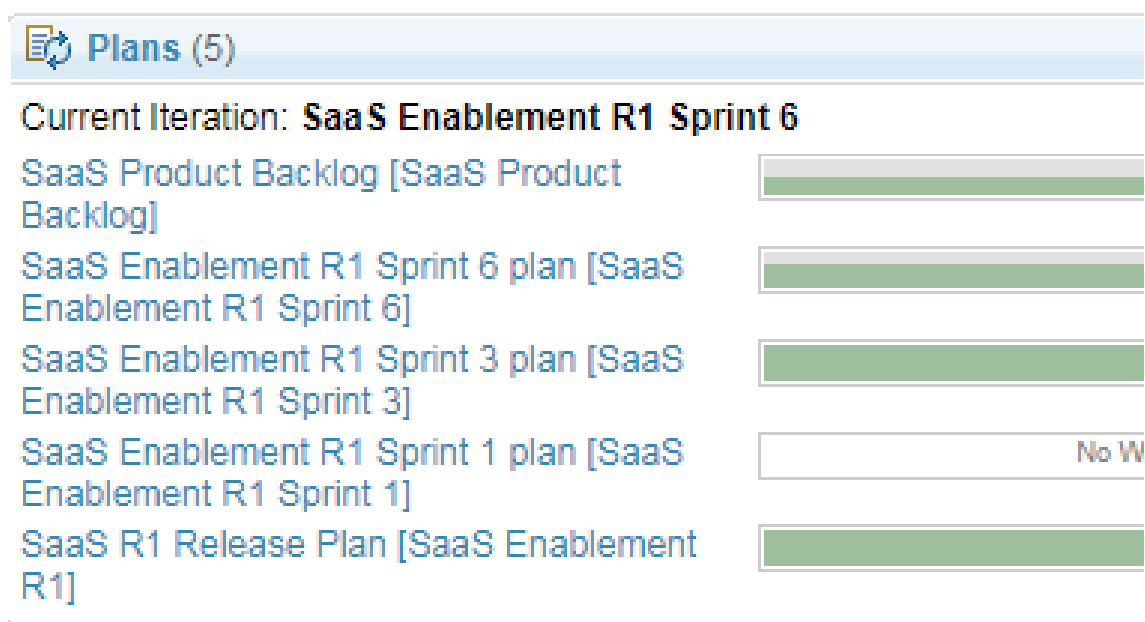


Figura 2.4: RTC. Un'esempio di come viene monitorato il completamento dei diversi sprint

# Capitolo 3

## Il Cloud e le sue sfaccettature

### 3.1 Cloud Computing

La differenza tra il possedere e l'utilizzare. E' questo l'aspetto cruciale del cambiamento apportato dal cloud computing rispetto al software tradizionale. Le risorse, che siano esse stesse archiviazione, elaborazione o qualsivoglia risorsa informatica, non sono mai ad hoc per un singolo utente, ma vengono assegnate on demand a diversi utenti e appartengono ad un insieme condiviso da tutti gli altri utenti del prodotto. Attraverso internet ogni utente può accedere a queste risorse in qualsiasi momento. Tali risorse vengono opportunamente allocate all'utente in maniera dinamica e completamente automatizzata. L'utente può utilizzare così anche software non installati sul proprio computer o usufruire di una memoria di massa accessibile da parte sua da qualsiasi dispositivo.

L'esperienza utente che si vuole fornire però è quella di un utilizzo esclusivo della risorsa, come nei software tradizionali, mentre in realtà la risorsa viene solo sapientemente distribuita tra gli utenti. Ciò fa sì che, potenzialmente, un singolo utente possa acquisire risorse notevolmente maggiori nel caso medio.



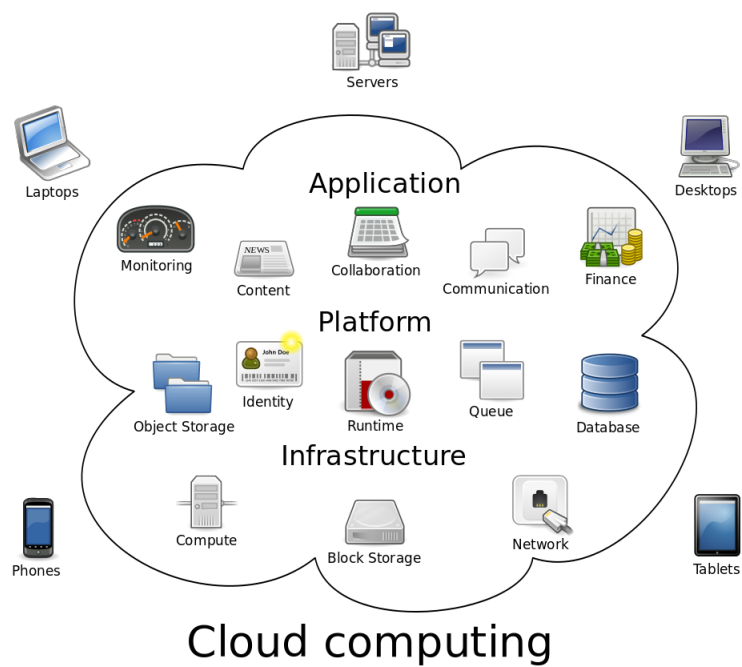


Figura 3.1: Diagramma logico di una rete Cloud Computing

### 3.1.1 Vantaggi del Cloud Computing

- Costo:

Con l'avvento del cloud tutta la gestione dell'infrastruttura sottostante al software diviene a carico del provider. Vengono eliminate spese per la gestione dei data center locali. Facendo riferimento alla versione SaaS di BigFix ad esempio, il cliente viene sollevato dal pesante onere di utilizzare server locali e gestirne le relative connessioni. Il provider detiene tutto l'hardware di cui il cliente ha bisogno.

- Velocità:

Anche qui ci risulta molto utile prendere come esempio la suite di BigFix. Quando un nuovo cliente acquista il prodotto nella sua versione on-premises, un'incaricato di IBM si reca presso il cliente e lì inizia un lungo processo di installazione della suite che può impiegare diverse ore. Nello scenario SaaS il cambiamento è radicale. E' sufficiente che il cliente compili una form online, dopo alcuni minuti poi riceve una mail con il link per accedere al servizio.

- Prestazioni

Una delle motivazioni principali per la quale si sceglie di fare uso del cloud computing sono proprio le prestazioni, soprattutto se si adotta il paradigma PaaS. Esternalizzando le risorse di calcolo, si può fare affidamento a dei provider che fanno dei server ad alte prestazioni il loro punto di forza. L'utente può, in questo modo, abbattere dei bottleneck che altrimenti risulterebbero di grande impedimento. Nel 2016 IBM mette per la prima volta a disposizione pubblicamente un computer quantico, proprio attraverso una piattaforma cloud (IBM Q). Questo può rappresentare un esempio estremo in ottica prestazioni, ma che può rendere un'idea di quale potrà essere il trend nei prossimi anni.

- Affidabilità

Operazioni di mirroring da parte dei provider dei servizi cloud fa sì che il backup dei dati sia continuo ed economico.

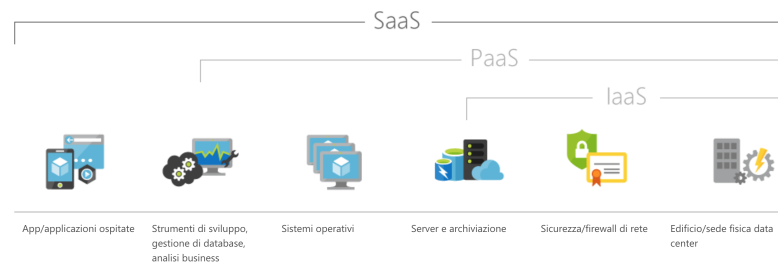


Figura 3.2: Panoramica delle principali tipologie Cloud

## 3.2 Tipologie di servizi Cloud

Il termine Cloud risulta in realtà molto generico. Esso comprende diverse tipologie di fornitura dei servizi, a seconda della risorsa che viene offerta dal provider. La maggior parte dei servizi di Cloud Computing rientrano in tre tipologie principali: Infrastruttura distribuita come Servizio (IaaS, Infrastructure as a Service), Piattaforma distribuita come Servizio (PaaS, Platform as a Service) e Software come un Servizio (SaaS, Software as a Service). Oltre a queste tipologie, annoveriamo anche soluzioni minori come il DaaS (Data as a Service) e l'HaaS (Hardware as a Service). Andiamo a vedere nel dettaglio come, a seconda della modalità di utilizzo del paradigma Cloud, questi paradigmi si differenziano.

### 3.2.1 IaaS, Infrastructure as a Service

E' la tipologia più basilare. Vengono messe a disposizione piattaforme di elaborazione. Utilizzando un IaaS si affittano le infrastrutture utili ai propri scopi, come ad esempio server, macchine virtuali (VMs), risorse di archiviazione, reti e sistemi operativi. Può, inoltre, essere messo a disposizione anche hardware in remoto. Il provider di servizi cloud gestisce l'infrastruttura, mentre l'utente acquista, installa, configura e gestisce il software, tra cui sistemi operativi, middleware e applicazioni.

**Vantaggi** Una soluzione IaaS è quella che garantisce maggiore flessibilità. Tra i vantaggi principali ricordiamo:

- Elevata scalabilità

Il modello IaaS permette una scalabilità verticale rapida ed economica

- Rapidità di innovazione

Nel caso del lancio di un nuovo prodotto basato sulla piattaforma IaaS, il tempo di attesa per le nuove configurazioni infrastrutturali è solamente dell'ordine di pochi minuti.

- Adattabilità alle richieste

Un modello IaaS è estremamente flessibile alle variazioni delle richieste. Si possono facilmente aumentare le risorse nei momenti di picco e ridurle quando non è necessario, risparmiando quindi denaro.

### 3.2.2 PaaS, Platform as a Service

Una piattaforma distribuita come servizio (PaaS, Platform as a Service) è un ambiente cloud di sviluppo completo. Una soluzione PaaS è progettata per consentire il ciclo completo dello sviluppo delle applicazioni: creazione, test, distribuzione, gestione e aggiornamento. L'utente ha tutta la libertà di sviluppare gli applicativi a proprio piacimento, ma lavora con componenti software già pronti all'utilizzo (microservices). Questi componenti non sono localizzati presso chi utilizza il cloud, bensì presso il provider, il quale si occupa del loro mantenimento e aggiornamento. Il modello PaaS consente di evitare le spese e la complessità legate all'acquisto e alla gestione di licenze software, middleware e infrastruttura delle applicazioni sottostanti o strumenti di sviluppo. L'utente gestisce le applicazioni e i servizi che sviluppa e il provider cloud si occupa di tutto il resto.

**Vantaggi** Uno scenario PaaS riduce quindi notevolmente la quantità di codice da scrivere semplificando quindi il lavoro dello sviluppatore e aumentandone la produttività. Inoltre risulta molto più semplice così il porting di un prodotto da web a mobile e viceversa. Componenti molto complessi e costosi possono inoltre essere messi a disposizione, con un utilizzo limitato, anche per sviluppatori che altrimenti non potrebbero permetterselo.

## IBM Bluemix

Troviamo, sempre all'interno di IBM, uno dei principali servizi cloud PaaS presenti sul mercato: IBM BlueMix. L'utente può usufruire di un'astrazione di molte componenti utili allo sviluppo. Si può, ad esempio, fare uso di Database specifici, di moduli dedicati all'IoT, di tecnologie Blockchain e molto altro. Ne vediamo alcuni esempi nella figura 3.3

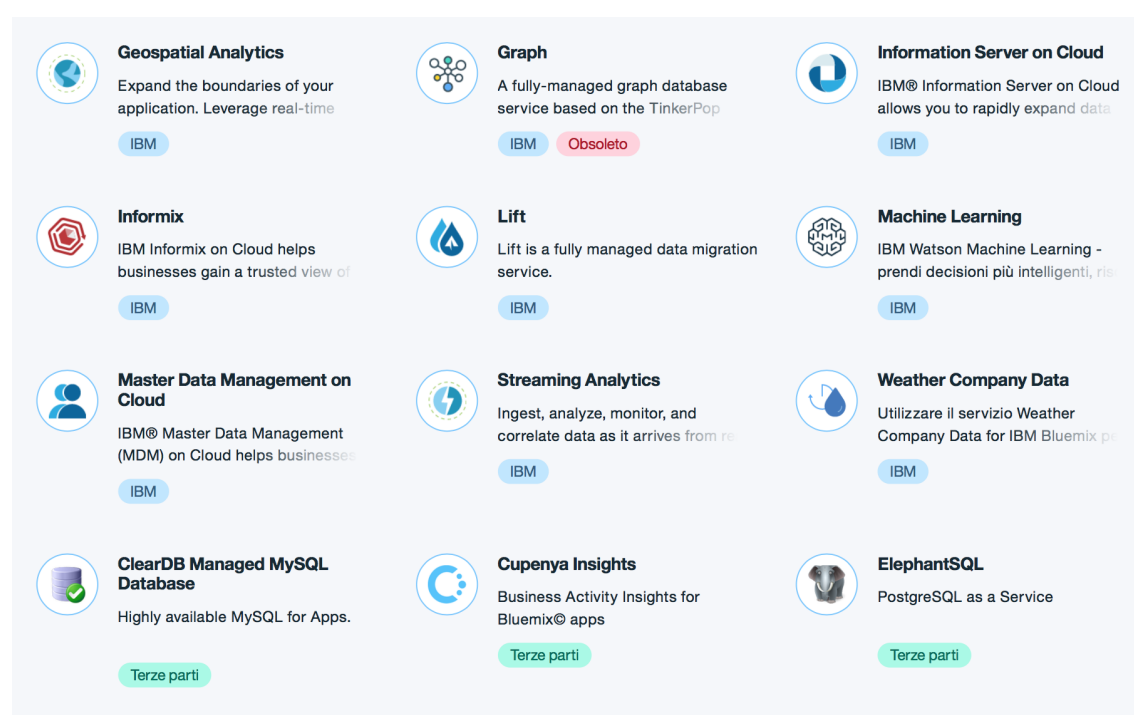


Figura 3.3: Esempi di moduli presenti nel catalogo BlueMix

## IBM Watson

Tra le componenti sviluppate da IBM merita una menzione anche Watson. Watson è un sistema di intelligenza artificiale in grado di rispondere a domande espresse in un linguaggio naturale. Tra le funzionalità ci sono quelle di elaborazione del linguaggio naturale, information retrieval, rappresentazione della conoscenza, ragionamento automatico e tecnologie di apprendimento automatico.

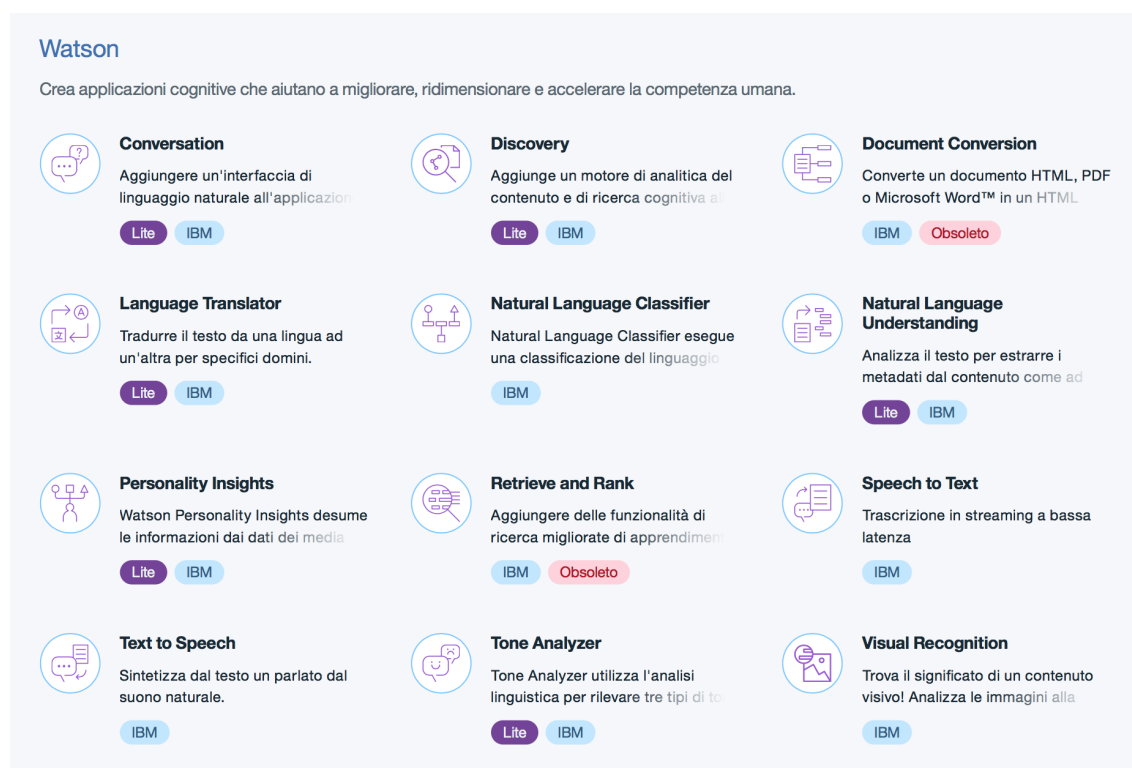


Figura 3.4: Alcuni moduli Bluemix appartenenti a Watson

### 3.2.3 SaaS, Software as a Service

Il Software as a Service (SaaS) è un modello di distribuzione del software in cui l'applicativo e gli eventuali servizi collegati sono eseguiti in un ambiente centralizzato e gli utenti vi accedono via rete, quasi sempre via Internet e usando un browser come interfaccia. I SaaS sono ormai sempre più diffusi. Tra i maggiori si ricordano le Google Apps (ad esempio Gmail, Google Drive, Google Calendar) e la suite Microsoft Office 365. Con la metodologia SaaS il provider fornisce tutto il software direttamente all'utente, al quale non resta che usarlo senza preoccuparsi di installazioni e configurazioni. L'utente non paga per il possesso del software, ma per il suo utilizzo. Spesso vengono infatti applicate tariffe in base all'utilizzo del prodotto stesso.

Spesso un'architettura SaaS è multi-tenant, ossia una sola applicazione server viene utilizzata da più utenti mantenendone, al tempo stesso, separati gli ambienti

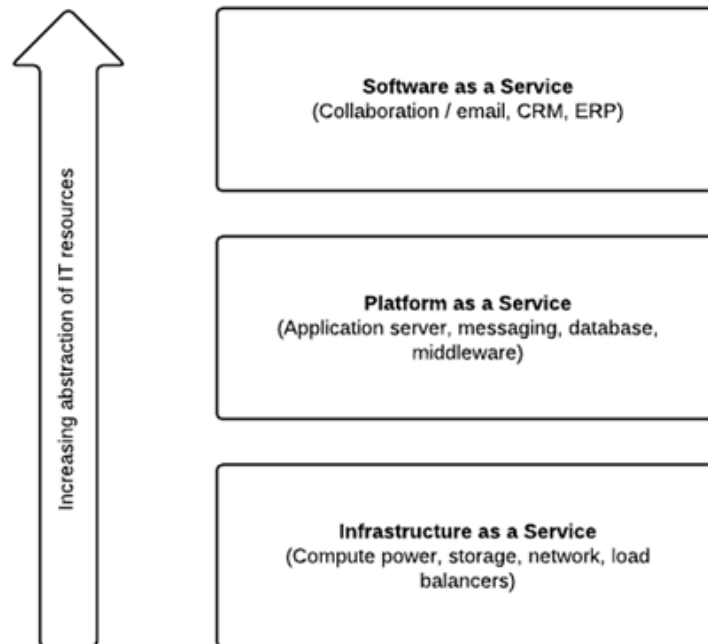


Figura 3.5: Livelli di astrazione nei modelli Cloud Computing

e i dati. Il concetto di multi-tenancy verrà approfondito maggiormente nei prossimi capitoli.

Attualmente le principali software house attive nel mondo aziendale traggono dalle offerte SaaS circa il venti per cento del loro fatturato, nel giro di tre-quattro anni la maggior parte di loro prevede che il mercato SaaS diventi sempre più fondamentale.

## Vantaggi

Con la metodologia SaaS il provider fornisce il software all'utente già pronto all'uso, l'utente non si deve quindi preoccupare di nient'altro. I clienti, a questo punto, non pagano più per il possesso del software, ma per l'utilizzo del software stesso. In questo modo spesso possono essere notevolmente abbattute le spese iniziali per l'installazione e la configurazione di un prodotto, sostituendole con un costo di fun-

zionamento. Il SaaS comporta quindi una spesa inferiore, ma ricorrente. E' il vendor però a preoccuparsi della manutenzione.

La caratteristica preponderante del cloud SaaS è proprio quella di poter raggiungere i propri dati personali da qualunque luogo e con qualunque dispositivo. E' questa la vera rivoluzione del cloud nel senso più comune del termine. Quando si ha bisogno di lavorare con i propri dati personali, non si ha più la necessità di avere con sé hardware specifico, il proprio laptop o la propria usb key, ma basta avere le proprie credenziali al accedere così allo spazio dedicato.

L'accesso alle tecnologie più sofisticate diviene inoltre alla portata di tutti. Software come gli ERP (Enterprise Resource Planning) e i CRM (Customer Relationship Management), possono essere utilizzati anche da quelle organizzazioni che prima non potevano permettersi un investimento di questa portata.

Un elemento che contraddistingue il SaaS è il notevole grado di apertura verso altre componenti, il che le rende altamente riusabili e flessibili, ciò è ovviamente un grande punto di forza in quanto i requisiti dell'utente spesso cambiano in continuazione.

Gli scenari di aggiornamento cambiano radicalmente. La distribuzione degli aggiornamenti è pressoché immediata e tutti gli utenti hanno la certezza di operare con l'ultima versione del software. Le fasi di upgrading non comportano più l'assenza del servizio come nella versione on premise. L'utente non si accorge neanche del processo di aggiornamento e si ritrova ad utilizzare il software aggiornato.

### **Svantaggi**

Il modello ha ovviamente anche i suoi svantaggi, o perlomeno alcune criticità che vanno tenute presenti. La principale sta nella gestione dei dati aziendali, che sono localizzati nei data center del cloud provider e questo può essere giudicato un rischio per la privacy delle informazioni o addirittura costituire una violazione delle norme che devono osservare le aziende operanti in settori particolari come, ad esempio, la sanità e la difesa.



Tra gli altri aspetti di cui tenere conto ci sono sicuramente le prestazioni e l'affidabilità delle connessioni, che risultano essere i veri bottleneck non solo delle soluzioni SaaS, ma di tutte le soluzioni cloud.

Infine altre criticità riguardano il provider dei servizi. Bisogna tenere conto quanto sia affidabile e se presenta, ad esempio, il rischio che esca dal mercato o ritiri il prodotto software SaaS.

### 3.3 SOA, Service Oriented Architecture

Il concetto di Service Oriented Architecture è affine a quello di SaaS. Un SaaS può rappresentare la percezione da parte dell'utente della modalità di utilizzo di una Architettura Service Oriented. Un servizio ha l'obiettivo di incapsulare una ben precisa funzionalità, per renderla disponibile e accessibile come servizio software sul web. L'Architettura Orientata ai Servizi è quindi uno stile architetturale per la costruzione di una molteplicità di sistemi o applicazioni sulla base della composizione di un insieme di servizi. Spesso, quindi, queste applicazioni non fanno altro che comporre un SaaS, il quale trova in un'architettura di questo tipo una appropriata implementazione.

### 3.4 Il software On Premise

Abbiamo appena analizzato le peculiarità delle singole tipologie di servizi cloud. Anche il classico modello on premise però ha i suoi punti di forza.

#### Vantaggi del Software On Premise

- Controllo esclusivo su sistemi e dati
- Alta personalizzazione
- Gestione interna dei dati sensibili
- Alto investimento iniziale ammortizzato nel lungo periodo

Nel caso in cui si abbiano già a disposizione tutte le infrastrutture necessarie, non risulta più vero che la soluzione cloud sia la più economica per far fronte alla necessità di un determinato applicativo. E' anche necessario però che il software sia abbastanza centralizzato per adottare una soluzione on premise.

Occorre quindi fare un'analisi di quanto sia necessario personalizzare il software di cui si ha bisogno e averne il pieno controllo, tenendo conto che un software on premise richiede molta più cura, manutenzione e lavoro di una soluzione basata su cloud. Il paradigma di fornitura on premise risulta ancora essere la soluzione più adatta nel caso in cui la gestione diretta dei dati sia fondamentale per policy aziendali oppure sia necessaria una maggiore flessibilità di configurazione per l'integrazione con altre architetture software. Un'altro requisito che ne può richiedere l'adozione è la necessità che l'architettura fisica del software sia geograficamente centralizzata.

# Capitolo 4

## SaaS e i suoi requisiti

Prima di conoscere a fondo le tecnologie proprie della realizzazione di un SaaS, occorre essere consapevoli di quali siano le esigenze di un software di questo tipo. Ovviamente, per la sua natura, il SaaS ci pone davanti ad esigenze del tutto nuove rispetto ai tradizionali paradigmi, in quanto la modalità di accesso al sistema è del tutto nuova. Non possiamo sapere a priori quanti utenti dovranno essere serviti dal Provider in un determinato istante, ad esempio, o quale carico di lavoro richiederanno al sistema. Andiamo a vedere nel dettaglio quali sono i principali aspetti critici di cui tenere conto nella fornitura di un SaaS.

### 4.1 Availability

Il concetto di Availability è ben definito dallo standard ITU-T E.800: "L'abilità di un sistema di essere in uno stato che soddisfa un determinato requisito, in determinati istanti di tempo, assumendo che le risorse a lui necessarie siano disponibili."

Possiamo dire quindi che l'Availability rappresenta la porzione di tempo in cui il sistema si comporta secondo le proprie specifiche. Va tenuto in considerazione anche che, al verificarsi di un fallimento, al tempo di non-Availability si aggiunge il tempo per porre rimedio al fallimento e far ripartire il sistema.

## 4.2 Reliability

La Reliability è definita anch'essa dalla International Telecommunications Union (ITU-T) recommendations E.800, come segue: "L'abilità di un sistema di soddisfare una funzione richiesta, sotto determinate condizioni e per un certo intervallo di tempo". La Reliability è un concetto affine all'Availability, con la differenza che la Reliability si riferisce all'abilità del sistema di compiere i suoi scopi durante un'intervallo di tempo. Essa infatti si quantifica con una probabilità.

## 4.3 Dependability

I concetti di Availability e Reliability si possono astrarre nel concetto di Dependability. Esso consiste proprio nella capacità di un sistema di poter "dipendere" da esso, ossia di mostrarsi affidabile ai propri utilizzatori. Come possiamo vedere la Dependability è un concetto ben definito, ed ha quindi le sue metriche ben definite che permettono di quantificarlo nei vari aspetti. La Reliability stessa, può rappresentare una metrica per quantificare l'affidabilità di un sistema, ma ce ne sono altre delle quali di seguito se ne descrive qualcuna.

**MTTF, Mean Time TO Failure** Misura l'intervallo di tempo tra due eventi di "Failure", in cui il sistema non è riuscito a portare a termine il proprio compito.

**POFOD, Probability Of Failure On Demand** Questa è un'altra probabilità. In particolare si vuole misurare la probabilità che un sistema fallisca facendo fronte ad una richiesta che gli è stata sottoposta. Differisce con l'Availability infatti perchè questa è sulla base delle richieste ricevute, mentre l'Availability è su base temporale. Questa è una metrica molto importante per quei sistemi che vengono chiamati in causa raramente, ma all'interno di processi critici.

### 4.3.1 Availability e Reliability nel contesto Cloud

Possiamo immaginare, a questo punto, quanto sia fondamentale un'altissima Availability e Reliability per i servizi Cloud. In caso di Failure, infatti, possono poten-

zionalmente essere coinvolti tutti gli utenti serviti dal provider che ha subito il guasto. I servizi erogati via Cloud dovrebbero essere disponibili da chiunque li richieda e da qualunque parte del mondo ventiquattro ore su ventiquattro. Ovviamente affidabilità massima non è verosimile, ma ci si aspetta una Reliability di molto vicina al 100. Ad esempio, BlueMix dichiara una Reliability del 99,95 per cento. Per rendere l'idea, una Reliability del 99,95 per cento sta a significare che, sulla base annuale, il servizio può non essere disponibile per circa 4 ore.

**Upgrade** Sono gli scenari di Upgrade un'aspetto maggiormente critico. Come si può immaginare, molti servizi SaaS hanno bisogno di essere continuamente aggiornati e modernizzati. All'uscita di una nuova versione del software occorre che questa venga distribuita a tutti gli utenti del servizio. Distribuire un software su scala Cloud non è semplice come si possa pensare. Non si può infatti interrompere l'erogazione del servizio per far partire il processo di aggiornamento del prodotto, perchè infatti questo processo può essere più o meno lungo. Occorrerà quindi adottare delle tecniche che diano l'impressione utente di una continuità del servizio. Vedremo nei prossimi capitoli quale strategia abbiamo adottato con BigFix SaaS.

## 4.4 Scalability

Definiamo invece la Scalabilità come la capacità di un software di adattarsi all'aumento del carico di lavoro senza un decadimento delle prestazioni. Ci aspettiamo, ad esempio, che BigFix SaaS non abbia difficoltà ad operare con un numero considerevolmente alto di Endpoint, quali possono essere i 250.000 client supportati dalla suite. Il tutto ovviamente mantenendo gli stessi standard prestazionali che si osservano con l'interazione con pochi Endpoint. Questa percezione però, può essere in realtà merito di due diversi aspetti della Scalabilità:

- Scalabilità Verticale

Consiste nell'incrementare le risorse del sistema, aumentando ad esempio le risorse hardware del server. Si può aggiungere RAM o CPU e rendere il sistema più performante sotto l'aumento del carico di lavoro.

- Scalabilità Orizzontale

Con la Scalabilità Orizzontale si ha un approccio diverso. Al verificarsi di un maggiore carico di lavoro non vengono invrementate le risorse di un server, ma vengono aggiunti nuovi server in parallelo, andando a formare tutti insieme un sistema unico. E' questo l'aspetto più interessante al punto di vista Cloud, ma ovviamente occorre che anche a livello software ci siano meccanismi intelligenti di ripartizione del carico nei diversi nodi che compongono il sistema.

Ovviamente la Scalabilità Orizzontale è un aspetto centrale nel Cloud Computing. Le richieste di utilizzo di un componente software possono crescere notevolmente su scala mondiale al crescere degli utenti. Al tempo stesso le risorse di calcolo però possono essere anch'esse distribuite geograficamente in luoghi diversi e non è necessario che il sistema risieda nello stesso luogo. Introduciamo così notevole flessibilità ed agilità al sistema per far fronte alle necessità di scaling dovute dall'aumentare delle risorse richieste dagli utenti. Il tutto deve rientrare in un processo automatico di adattamento alle richieste, non possiamo pensare infatti che ci sia un'intervento umano per far scalare il sistema secondo le esigenze.

## 4.5 Monitoring

Quello di Monitoring più che requisito andrebbe definito una necessità del Cloud Computing. La necessità di verificare che il servizio erogato dal provider si mantenga al di sopra di livelli ben stabiliti di qualità del servizio (QoS). Questi livelli vengono stabiliti con il Service Level Agreement tra le due parti. Occorre definire delle metriche e stabilire delle metodologie accurate per compiere le misurazioni, effettuando opportunamente delle medie dei valori ottenuti o calcolare picchi dei valori, come nel caso della latenza.

Tra i più significativi parametri da misurare troviamo sicuramente il tempo di latenza, il tasso di perdita dei pacchetti Ip e i disturbi sul segnale. Bisogna considerare che dal punto di vista dell'esperienza utente il sistema si presenta come un servizio unico. All'utente interessa che questo servizio gli garantisca affidabilità, facilità di utilizzo e tempi di risposta rapidi. Dietro questa astrazione sappiamo che ci sono in

realtà molte componenti e spesso anche sistemi diversi che interagiscono tra loro. Il Provider deve quindi essere in grado di tracciare eventuali problemi, per risalire alla causa e individuare le relative responsabilità. E' fondamentale quindi riconoscere e tenere sotto controllo i fattori fondamentali che determinano la qualità percepita dall'utente.

# Capitolo 5

## SaaS, le tecnologie che ne consentono la realizzazione

Nel corso degli ultimi anni, con il proliferarsi delle piattaforme e dei servizi di Cloud Computing, sono nate e si sono sviluppate molte tecnologie per soddisfare le nuove esigenze e i nuovi requisiti appena visti che questa rivoluzione della fruizione del software ha comportato.

### 5.1 Microservizi

Un concetto fondamentale, di cui il Cloud Computing fa largamente uso, sono i microservizi. Cominciamo col darne una definizione abbastanza formale: "Lo stile architetturale a microservizi è un approccio allo sviluppo di una singola applicazione come insieme di piccoli servizi, ciascuno dei quali viene eseguito da un proprio processo e comunica con un meccanismo snello, spesso una HTTP API.(Martin Fowler)".

L'approccio è quello di dividere le funzionalità del sistema in più microservizi. Ad ogni microservizio corrisponde una necessità dell'utente. La filosofia di dividere il software in base alle responsabilità è già presente da tempo nell'ingegneria del software. Una suddivisione modulare del sistema in base ai casi d'uso dell'utente è già presente da tempo nell'Object Oriented Design, ma la novità apportata dai



microservizi è che il sistema con essi risulta scomposto in realtà in piccoli servizi completamente indipendenti tra loro. Ogni microservizio si preoccupa infatti di risolvere un particolare problema del cliente, un unico scenario. La comunicazione tra i servizi avviene attraverso la rete al fine di garantire l'indipendenza tra i servizi ed evitare ogni forma di accoppiamento. Ogni microservizio, infatti, rappresenta un'entità separata che generalmente viene pubblicata come un modulo di una Platform as a Service.

### 5.1.1 Il modello monolitico a layer

Secondo il classico modello a layer le funzionalità vengono suddivise in base al grado di astrazione tra i vari livelli, usando delle tecnologie proprie di ogni livello. Questi sono separati a livello logico e comunicano tra di loro. Con questa architettura però, nonostante ci sia questa suddivisione a strati, il software risulta essere un unico sistema monolitico, sebbene molti componenti possano essere comunque riusabili.

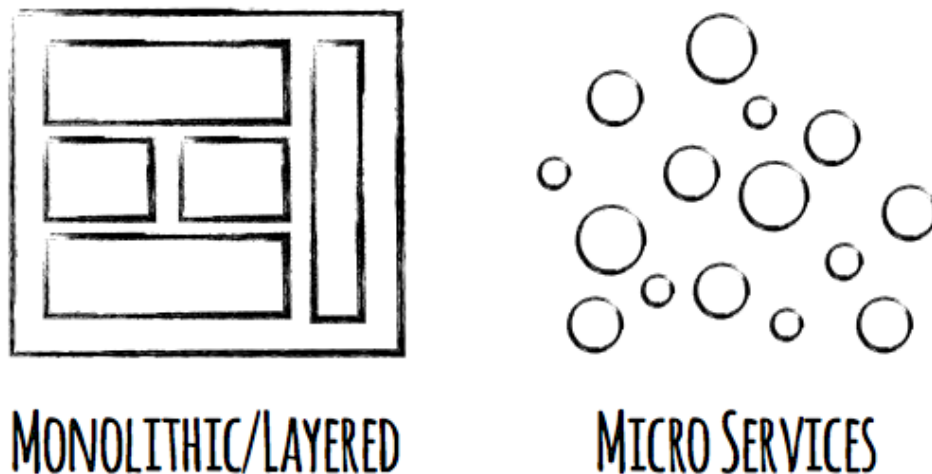


Figura 5.1: Il modello monolitico e i microservizi

### 5.1.2 Confronto tra l'architettura a microservizi e il modello monolitico

La scelta di adottare uno o l'altro approccio viene dopo un'attenta analisi dei requisiti che il sistema deve soddisfare. In questo studio però va anche tenuto conto quanto le esigenze possano cambiare nei futuri utilizzi del software.

- La struttura interna di tutto un sistema monolitico è composta principalmente dai layer di interfacciamento con l'utente, logica di business e persistenza dei dati. In un'architettura a microservizi non troviamo questa divisione a livello di sistema, ma la ritroviamo semmai all'interno di un singolo microservizio atomico. Ogni microservizio, ad esempio, si occuperà di preservare il suo stato tramite l'utilizzo di un proprio database non condiviso con gli altri microservizi.
- Uno dei fattori chiave da considerare è la scalabilità. Per scalare un'applicazione monolitica occorre necessariamente clonarla in più server, macchine virtuali o contenitori.
- Quando occorre scalare orizzontalmente un'architettura a microservizi, si creano e si distribuiscono indipendentemente tra loro repliche dei microservizi in più server o container.

### 5.1.3 Vantaggi e svantaggi di un'architettura a microservizi

Un'architettura di questo tipo porta con sé ovviamente anche i suoi svantaggi e i suoi vantaggi. Sono proprio questi ultimi che la rendono molto adatta al Cloud Computing.

#### Vantaggi

- Velocità  
L'architettura a microservizi è quella che si sposa meglio con la metodologia agile. un microservizio deve avere sempre delle dimensioni ridotte e il suo sviluppo dovrebbe avere una durata di circa due settimane. Ciò porta ad

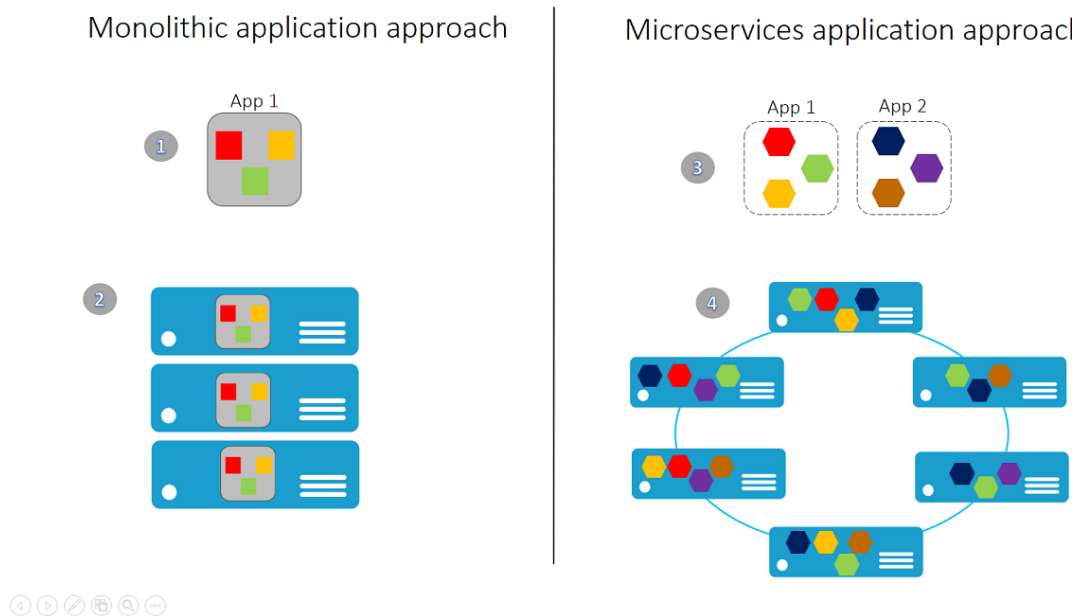


Figura 5.2: Il modello monolitico e i microservizi

avere fin da subito piccole porzioni del sistema (i servizi appunto), pronte, testabili ed utilizzabili. Ogni microservizio inoltre è autonomo e può quindi giungere in ambiente di produzione indipendentemente dagli altri. In questo modo si riesce a reagire molto velocemente alle esigenze di mercato.

- **Sperimentazione**

Con i microservizi la modularità del sistema è un notevole punto di forza. Sperimentare nuove tecnologie all'interno di un singolo microservizio ha un impatto nullo su tutti gli altri. Si è in questo modo molto più invogliati a ricercare sempre più nuove tecnologie da inserire nel proprio prodotto. Il rischio è minimo in quanto, anche nel caso l'esperienza risulti fallimentare, la mole di lavoro che comporta la modifica di un microservizio è veramente molto ridotta.

- **Tecnologie ad hoc**

Altro fattore da considerare è la possibilità di differenziare le tecnologie a seconda del microservizio. Si prenda come esempio la vastità di database che

sono disponibili all'uso. Un database che è appropriato per un microservizio potrebbe non essere la scelta migliore per un altro.

- Scalabilità

I software con un'architettura a microservizi sono pensati per scalare orizzontalmente in maniera estremamente agevole. Si possono replicare a piacimento tramite l'utilizzo di containers e hanno un comportamento distribuito anche nel caso si trovino sulla stessa macchina, in quanto i container li isolano da tutti gli altri.

- Facilità di Deployment

Le modifiche hanno un impatto molto ridotto nell'interno sistema. Grazie a ciò è possibile rilasciare sul mercato il software aggiornato con frequenze molto maggiori. Potenzialmente ogni modifica può subito essere pubblicata e non occorre attenersi a lunghi processi di release in cui si cerca il più possibile di accumulare modifiche da effettuare per poi applicarle tutte insieme.

- Portabilità

Il software a microservizi è facilmente componibile e portabile su più contesti e dispositivi, come web, mobile ma anche sistemi embedded o dispositivi indossabili ad esempio.

## **Svantaggi**

- Dipendenza dalla rete

E' questo il principale punto di critico di un'architettura a microservices. Abbiamo quanto l'interazione tra i singoli microservizi faccia affidamento su una comunicazione attraverso internet. Ovviamente questo deve essere un requisito fondamentale. In mancanza di una connessione adeguata tutto il sistema smette di funzionare.

- Identità e autenticazione

Una volta che un utente del software effettua il login occorre garantire che la sua autenticazione, e soprattutto la sua identità, venga mantenuta in tutti i microservizi che andranno a comporre la sua esperienza utente.

## 5.2 Containers

I container sono l'habitat naturale dei microservizi. Essi forniscono al software tutto ciò che gli è necessario, garantendogli un ambiente estremamente leggero e flessibile.

I containers sono infatti un metodo di virtualizzazione del sistema operativo che ha come obiettivo quello di isolare il software che ospita, permettendo di eseguire le applicazioni e le loro dipendenze in processi completamente isolati. L'infrastruttura del container interagisce direttamente con il kernel della macchina che lo ospita, scavalcando gli altri layer. In qualsiasi sistema operativo collochiamo il container, le sue configurazioni interne rimarranno sempre separate, e l'applicazione contenuta avrà garantito il suo ecosistema necessario all'esecuzione. Non ci si deve preoccupare, ad esempio, di produrre una versione software per Windows e una per sistemi UNIX, ma la soluzione a container è unica e portabile.

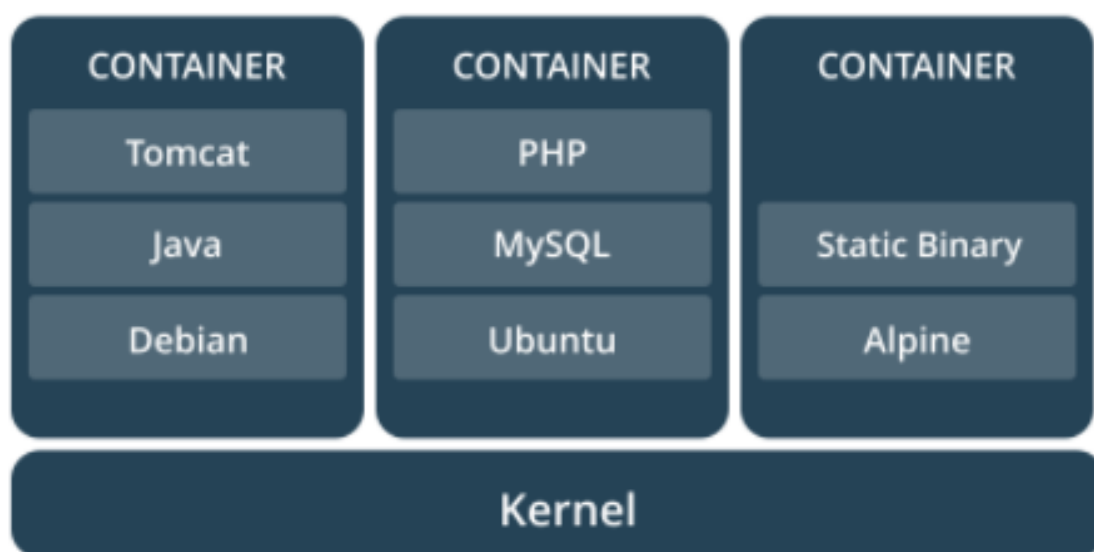


Figura 5.3: Schematizzazione di tre container sulla stessa macchina ospitante

### 5.2.1 I containers e le Macchine Virtuali

Stando alla descrizione dei container che abbiamo dato fino a questo punto potrebbe sorgere una domanda: perchè utilizzare i container se potrebbero essere usate delle macchine virtuali? Una Virtual Machine è per sua natura già isolata dalla macchina che la ospita. La risposta sta nella leggerezza d'uso dei container. I container infatti non virtualizzano l'hardware della macchina, ma solamente il layer applicativo, rendendoli più portabili ed efficienti.

Non avendo un proprio sistema operativo, il peso di un container è dell'ordine di qualche Megabyte, contro i Gigabyte di una macchina virtuale che sovrappone il proprio sistema operativo a quello della macchina ospitante. A differenza delle macchine virtuali inoltre, i container non necessitano dell'Hypervisor, un componente che svolge delle attività di controllo e coordinamento sulle macchine virtuali.

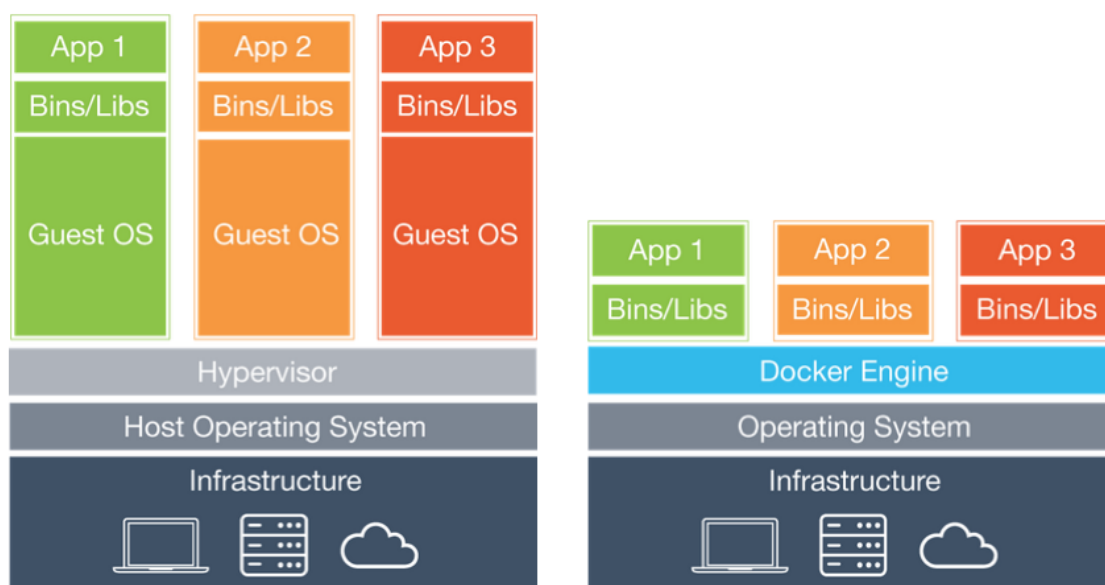


Figura 5.4: Confronto tra macchine virtuali e container, nell'esempio con l'utilizzo di un Docker Engine

### 5.2.2 Vantaggi dei container

Andiamo a ricapitolare quali sono le principali motivazioni che possono spingerci all'adozione dei container.

- **Coesione dell'ambiente**  
L'ambiente di un container è fortemente disaccoppiato dalla macchina in cui si trova. Questo fa sì che il proprio contenuto sia facilmente replicabile e portabile ovunque.
- **Gestione delle risorse**  
Con i containers si ha una gestione delle risorse di calcolo molto più efficiente. Richiedendo poche risorse alla macchina ospitante, si ha la possibilità di eseguire molti più container contemporaneamente.
- **Produttività**  
Diminuendo le dipendenze, ci si alleggerisce di tutta la mole di lavoro necessaria per configurare correttamente un prodotto.
- **gestione degli aggiornamenti.**  
Molto spesso la gestione degli aggiornamenti è un meccanismo già compreso nei container engine, come Docker.

### 5.2.3 I container e i microservizi

Possiamo quindi comprendere come i container siano estremamente appropriati ad ospitare dei microservizi. Ponendo un microservizio dentro ogni container, abbiamo la garanzia che ogni microservizio operi come un sistema separato, anche nell'eventualità che due servizi risiedano nella stessa macchina fisica. Ogni microservizio inserito in un container gode automaticamente di tutti i vantaggi di portabilità e flessibilità che sono tra i requisiti fondamentali che ci spingono verso l'architettura a microservizi.

### 5.2.4 Docker

### 5.2.5 Kubernetes



Figura 5.5: Logo di Docker



# Capitolo 6

## IBM BigFix on SaaS, progettazione del prototipo

### 6.1 Interaction Design

### 6.2 Requisiti Non Funzionali

Abbiamo già parlato nel capitolo 4 di quali sono le nuove problematiche alle quali una SaaS application deve far fronte. Ovviamente nel mio lavoro di tesi questo aspetto è stato un argomento cruciale delle prime fasi del lavoro. Soddisfare questo tipo di requisiti comporta infatti fare scelte architetturali molto impattanti e in quanto tali occorre definirle prima possibile nel design di un sistema software.

#### 6.2.1 Dependability

Il servizio di BigFix SaaS è stato progettato per garantire, quando sarà in produzione, un'availability che si mantenga sempre su valori superiori al 90. Ovviamente si prevedono carichi di utilizzo che possono essere anche molto elevati per il prodotto. La suite di BigFix è utilizzata da clienti di tutto il mondo, alcuni dei quali possiedono una rete di endpoint di notevole dimensione. Tutto ciò può portare a picchi di carico per il servizio molto elevati nei quali il servizio deve continuare a essere disponibile con prestazioni sopra delle soglie minime di accettabilità.

**Microservizi e container** Come abbiamo potuto osservare nei capitoli precedenti, l'adozione di microservizi e container è un must per i servizi cloud. Grazie a questa scelta possiamo garantire agli utenti di BigFix SaaS un'alta Dependability, fattore fondamentale nel contesto security in cui si va a calare questa suite di prodotti. ...

### **6.2.2 Scalability**

### **6.2.3 Monitoring**

## **6.3 Definizione architetturale**

### **6.3.1 Gap prd es**

# Appendice **A**

Tecnologie Utilizzate(template di prova -  
ANCORA DA SCRIVERE)

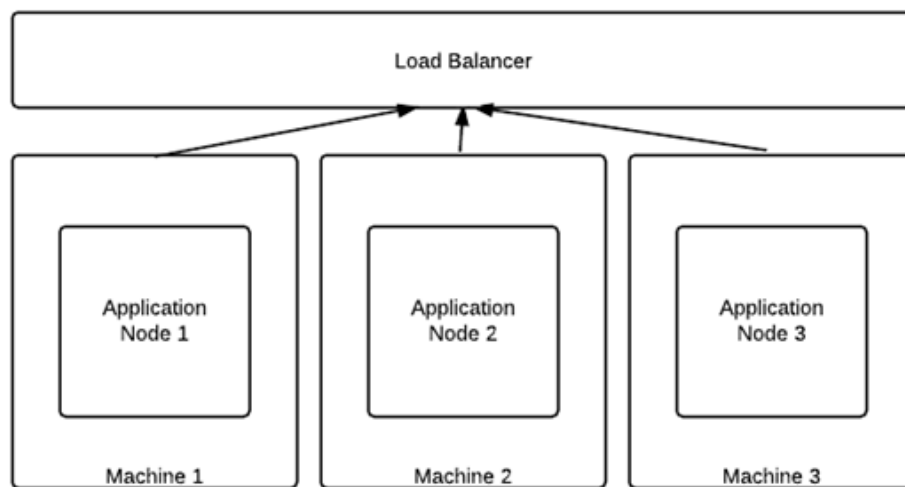


Figura A.1: Una schematizzazione della distribuzione del carico in una architettura Cloud

## A.1 Linguaggi di programmazione

- PHP 5.4.7  
<http://www.php.net/>;
- Javascript  
<http://www.w3.org/standards/webdesign/script>;

## A.2 Linguaggi di Markup e Stile

- HTML4/HTML5;
- CSS/CSS3;

## A.3 Framework

- Smarty Template Engine  
<http://www.smarty.net/>;
- JQuery  
<http://jquery.com/>;
- JQueryUI  
<http://jqueryui.com/>;
- beContent  
<http://www.becontent.org/>;

## A.4 Ambiente di Sviluppo

### A.4.1 Eclipse

Per Eclipse sono state utilizzate due versioni differenti, la 4.2.2 in ambiente Windows e la 3.8.0 in ambiente Ubuntu/Linux

<http://www.eclipse.org/>

Inoltre è stato utilizzato il pacchetto

- PHP Development Tools 3.1.1  
<http://projects.eclipse.org/projects/tools.pdt>;

## **A.4.2 Piattaforma Web**

### **XAMPP**

<http://www.apachefriends.org>

- Apache Web Server ver. 2.4.3  
<http://httpd.apache.org/>;
- MySql Database Management System ver. 5.5.27  
<http://dev.mysql.com/>;

## **A.4.3 Browser Testing**

### **Mozilla Firefox**

- Firebug ver 1.11.2  
<http://getfirebug.com/>
  - Plug-In Validator ver. 0.0.6  
<https://addons.mozilla.org/it/firefox/addon/validator/>;
  - Plug-In Google Page Speed ver. 2.0.2.3  
<https://developers.google.com/speed/pagespeed/?hl=it-IT>;

### **Google Chrome**

- Strumenti per gli sviluppatori integrati

### **Responsive Testing**

- Viewport Resizer- Responsive Design Bookmarklet  
<http://lab.maltewassermann.com/viewport-resizer/> ;



*Dedica a fine pagina*