

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAMERINO

SCUOLA DI SCIENZE E TECNOLOGIE

Corso di Laurea in Informatica



**REALIZZAZIONE DI UNA
INFRASTRUTTURA ICT PER UNA PMI**

Tesi di Laurea
In
Reti di Elaboratori

Laureando

Daniele Gallucci

Relatore

Dott. Fausto Marcantoni

ANNO ACCADEMICO 2009 / 2010

INDICE

1	INTRODUZIONE	5
2	CONFIGURAZIONE DEL NETWORK.....	7
2.1	PERFORMANCE	8
2.2	AFFIDABILITÀ	9
2.3	SCALABILITÀ	9
2.4	SICUREZZA.....	10
3	ANALISI E VIRTUALIZZAZIONE DEL SERVER.....	11
3.1	COSA SIGNIFICA VIRTUALIZZARE UN SERVER?	11
3.2	MACCHINA VIRTUALE.....	13
3.3	VIRTUALIZZAZIONE: VANTAGGI E SVANTAGGI	16
3.4	HYPERVISOR	18
3.5	VIRTUALIZZAZIONE DEL PROCESSORE	21
3.5.1	<i>Full Virtualization</i>	22
3.5.2	<i>Paravirtualization</i>	23
3.5.3	<i>Hardware Assisted Virtualization</i>	24
3.6	STORAGE E VIRTUALIZZAZIONE	26
3.6.1	<i>DAS o Direct Attached Storage:</i>	27
3.6.2	<i>Nas o Network Attached Storage:</i>	28
3.6.3	<i>San o Storage Area Network:</i>	30
3.6.4	<i>Raid</i>	32
3.6.5	<i>NAS o SAN?</i>	34
3.7	PROTOCOLLI SAN FIBRE CHANNEL E ISCSI.....	35
3.7.1	<i>Fibre Channel</i>	36
3.7.2	<i>iSCSI</i>	37
3.7.3	<i>Fibre Channel vs iSCSI</i>	37
3.8	VMWARE VSPHERE VS CITRIX XENSERVER	39
3.8.1	<i>Hypervisor</i>	39
3.8.2	<i>Storage</i>	40
3.8.3	<i>Sistemi Operativi Supportati</i>	40
3.8.4	<i>Tool di Conversione</i>	41
3.8.5	<i>Console di amministrazione</i>	42
3.8.6	<i>Live Migration</i>	44
3.8.7	<i>Ridistribuzione delle risorse</i>	44
3.8.8	<i>High Availability</i>	44
3.8.9	<i>Fault Tolerance</i>	45
3.8.10	<i>Backup e Recovery</i>	45
3.8.11	<i>Maintenance</i>	46
3.8.12	<i>Costi Licenze</i>	46
3.8.13	<i>Prestazioni</i>	50
3.8.14	<i>Considerazioni</i>	51
4	IL BACKUP.....	53
4.1	METODOLOGIE DI BACKUP	54
4.1.1	<i>Backup su nastro</i>	54

4.1.2	<i>Backup su disco</i>	55
4.1.3	<i>Backup online</i>	55
4.1.4	<i>Considerazioni</i>	56
5	SOFTWARE ON-PREMISE E SAAS	58
5.1	ON-PREMISE O SOFTWARE TRADIZIONALE	58
5.2	SOFTWARE SAAS	59
5.2.1	<i>Le 3 caratteristiche chiave del SaaS</i>	59
5.2.2	<i>I quattro livelli di maturità del SaaS</i>	61
5.2.3	<i>Gestione dati nell'architettura multi-tenant</i>	65
5.3	ON-PREMISE VS SAAS	68
5.3.1	<i>Costi</i>	68
5.3.2	<i>Affidabilità</i>	71
5.3.3	<i>Sicurezza</i>	72
5.3.4	<i>Accesso remoto</i>	72
5.4	MICROSOFT EXCHANGE VS GOOGLE APPS	73
5.4.1	<i>Investimento iniziale e scalabilità</i>	74
5.4.2	<i>Manutenzione e upgrade</i>	75
5.4.3	<i>Uptime</i>	75
5.4.4	<i>Mail</i>	76
5.4.5	<i>Calendari, Contatti e Tasks</i>	76
5.4.6	<i>Productivity and Collaboration</i>	77
5.4.7	<i>Mobile Access</i>	77
5.4.8	<i>Security</i>	78
5.4.9	<i>Assistenza al Cliente</i>	78
5.4.10	<i>Considerazioni</i>	78
6	CONCLUSIONI	80
7	BIBLIOGRAFIA	82

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 3.1 TRADIZIONALE MODELLO x86	12
FIGURA 3.2 UTILIZZO DEL PROCESSORE NEI SERVER CON ARCHITETTURA x86.....	12
FIGURA 3.3 PIÙ MACCHINE VIRTUALI SU UN SOLO SERVER	15
FIGURA 3.4 CONSOLIDAMENTO DEI SERVER.....	15
FIGURA 3.5 AUMENTO DELLE RISORSE UTILIZZATE CON VIRTUALIZZAZIONE	16
FIGURA 3.6 HYPERVISOR DI TIPO 1 E DI TIPO 2	19
FIGURA 3.7 CONFRONTO TRA HYPERVISOR.....	20
FIGURA 3.8 FUNZIONAMENTO DELL'ARCHITETTURA x86	21
FIGURA 3.9 FULL VIRTUALIZATION.....	23
FIGURA 3.10 PARAVIRTUALIZZAZIONE	24
FIGURA 3.11 HARDWARE ASSISTED VIRTUALIZATION	25
FIGURA 3.12 CONFRONTO TRA I TRE TIPI DI VIRTUALIZZAZIONE.....	26
FIGURA 3.13 ARCHITETTURA DAS	28
FIGURA 3.14 ARCHITETTURA NAS	29
FIGURA 3.15 ARCHITETTURA SAN	31
FIGURA 3.16 RAID 5	33
FIGURA 3.17 RAID 6	33
FIGURA 3.18 CONFRONTO TRA NAS E SAN	35
FIGURA 3.19 CONFRONTO TRA FIBRE CHANNEL E ISCSI	38
FIGURA 3.20 S.O. SUPPORTATI DA CITRIX E VMWARE.....	41
FIGURA 3.21 CONSOLE VMWARE VCENTER.....	42
FIGURA 3.22 XENCENTER DI CITRIX	43
FIGURA 3.23 LISTINO PREZZI E CARATTERISTICHE DAL SITO VMWARE	47
FIGURA 3.24 BUNDLE VMWARE PER LE PMI, FONTE SITO VMWARE	48
FIGURA 3.25 LISTINO PREZZI DAL SITO CITRIX	49
FIGURA 3.26 CONFRONTO CITRIX - VMWARE ALL'AUMENTO DEL WORKLOAD	50
FIGURA 5.1 PRIMO LIVELLO DI MATURITÀ - AD HOC.....	62
FIGURA 5.2 SECONDO LIVELLO DI MATURITÀ – CONFIGURABILE.....	63
FIGURA 5.3 TERZO LIVELLO DI MATURITÀ - CONFIGURABIL, MULTI-TENANT	64
FIGURA 5.4 QUARTO LIVELLO DI MATURITÀ - CONFIGURABILE, MULTI-TENANT, SCALABILE.....	65
FIGURA 5.5 SCHEMA CONDIVISIONE DATI NEL SAAS.....	66
FIGURA 5.6 CONFRONTO DEI COSTI ON-PREMISE E SAAS DELLE SOLE LICENZE SUL LUNGO PERIODO.....	69
FIGURA 5.7 I COSTI NASCOSTI DEL SOFTWARE	70
FIGURA 5.8 CARATTERISTICHE SAAS VS ON-PREMISE	73
FIGURA 5.9 CARATTERISTICHE DI EXCHANGE E GOOGLE APPS A CONFRONTO	74

1 Introduzione

Oggi giorno l'informatica è presente in ogni attività economica, sia in Italia sia nel resto del mondo. Qualsiasi azienda di piccole o medie dimensioni, alla fine, avrà a che fare con un'infrastruttura informatica.

Uno dei principali problemi per una PMI è quello della previsione delle necessità informatiche. Proprio per la natura dinamica e flessibile delle piccole e medie imprese, soprattutto nel periodo di start-up, non è sempre facile definire le necessità immediate e prossime. Spesso capita anche che queste aziende non abbiano competenze o non conoscano il valore strategico di una buona infrastruttura IT.

Organizzare una struttura incentrata sullo sviluppo futuro, richiede grossi budget che spesso queste aziende non hanno. Inoltre nel primo periodo queste risorse rimangono inutilizzate, traducendo questo inutilizzo in spreco di denaro.

Incentrare lo sviluppo a breve termine invece, anche per far fronte alle riduzioni di budget dovute all'attuale crisi economica, potrebbe portare ad un'infrastruttura insufficiente dopo poco tempo e bisogno di reinvestire nuovamente.

Questo perché spesso si ha la tendenza a considerare che le necessità rimangano costanti nel tempo. Nella realtà invece sono fluttuanti e difficili da prevedere: un'improvvisa espansione dovuta alla crescita di lavoro oppure una necessaria diminuzione del personale, sono variabili non facilmente calcolabili.

Inoltre, gestire un'infrastruttura informatica comporta dei problemi che sono diventati costosi e difficili da risolvere.

Lo sviluppo e diffusione di tecnologie come la virtualizzazione e il cloud computing, portano maggiore flessibilità nella pianificazione, sia

strutturale sia economica, delle infrastrutture informatiche in azienda. Tutta la gestione si semplifica o si sposta completamente all'esterno dell'ambito aziendale. Quello che interessa è il servizio e non spostare cavi e configurare server.

La tesi tratta le tecnologie di Virtualizzazione e di Software-as-a-Service, analizzando il loro funzionamento, i pregi, i difetti e l'impatto possono avere in ambito aziendale.

Nel secondo capitolo si tratterà l'infrastruttura di rete, considerando i cambiamenti che può subire con l'adozione di queste nuove tecnologie e quali caratteristiche deve soddisfare per essere funzionale.

Il capitolo tre parla della virtualizzazione dei server, com'è effettuata, quali sono i suoi vantaggi ed eventualmente i suoi svantaggi. Verranno confrontati due prodotti di virtualizzazione (Vmware e Citrix) analizzando le caratteristiche principali e i costi. Inoltre si approfondirà il discorso dello storage, sempre in ambito server.

L'argomento del backup sarà l'argomento affrontato nel quarto capitolo, osservando come questo viene modificato con l'adozione della virtualizzazione, analizzando le varie metodologie per renderlo semplice ed efficiente.

Il capitolo cinque tratterà l'argomento del SaaS, Software-as-a-Service. Un confronto con il vecchio modello di software in licenza, conosciuto anche come On-Premise, mostrerà i vantaggi di questo nuovo metodo di distribuzione del software, sia a livello di costi che di gestione dell'infrastruttura.

2 Configurazione del Network

La rete Lan è la base delle ICT per le PMI. Tuttavia, all'inizio dell'attività, le giovani aziende incentrano tutte le attenzioni allo sviluppo aziendale prestando poca attenzione al lato IT, sia per un fattore di budget sia per mancanza di competenze.

Iniziano solitamente con qualche computer collegato con uno switch e un router per la connessione ad internet.

Anche una lan con prestazioni adeguate al momento dell'installazione può, col passare del tempo, non essere più all'altezza della situazione. L'azienda cresce e si sviluppa, aumenta il personale, vengono aggiunti switch in cascata per permettere il collegamento di nuove postazioni di lavoro, sia momentanee sia a tempo indeterminato. L'infrastruttura in questo modo diventa complicata ed ingestibile: in caso di guasto non è sempre facile risalire al punto di origine.

Fino a ieri la congestione della lan poteva non costituire un problema dato che la maggior parte degli utenti lavorava principalmente in locale. Ora però, con lo sviluppo di tecnologie accessibili anche dalle PMI come la virtualizzazione, l'utilizzo di software SaaS, storage condivisi, le cui performance dipendono direttamente dalle prestazioni del network, ponendo il problema sulla rete. Una rete con basse prestazioni influisce negativamente sul regolare svolgimento delle attività aziendali: i trasferimenti dei file sono più lunghi, le sessioni più lente e possono verificarsi interruzioni di collegamento.

Quando ci si trova in questa condizione, dover migliorare le prestazioni della rete potrebbe rivelare la necessità di una riprogettazione integrale, con tutti i problemi e aumento di costi che una soluzione del genere può portare.

Per questo motivo è bene progettare sin da subito, per non incorrere in costi e problemi di riprogettazione, una rete che sia performante, affidabile, scalabile e sicura.

2.1 Performance

Una rete performante è una rete che permette una buona capacità di accesso ai dati, minori tempi di attesa e di conseguenza una migliore qualità del lavoro.

Alla base di tutto c'è il cablaggio, che deve essere certificato CAT.5e [1] oramai lo standard per quanto riguarda la rete.

Gli switch dovrebbero essere, possibilmente, tutti della stessa marca e di buona qualità perché di solito si tende a pensare che gli switch “sono tutti uguali”. Meglio ancora se lo switch possiede caratteristiche VLAN: in questo modo è possibile creare diversi segmenti logici riducendo così il traffico in rete e aumentandone la sicurezza grazie alla restrizione del flusso di dati.

Un aumento di performance si può avere anche scegliendo switch che permettono di aggregare più cavi di rete per aumentare la banda. A venire in aiuto per la valutazione della performance, possono essere utilizzati appositi software che monitorano la rete sfruttando il protocollo SNMP come ad esempio Nagios [2]

2.2 Affidabilità

L'affidabilità di una rete ovviamente è un fattore molto importante e per garantirla si possono rendere ridondanti alcune parti della lan. Quando si eseguono i cablaggi, per i punti critici, dovrebbero essere considerati più cavi: in questo modo ne è disponibile sempre uno di scorta in caso di eventuali problemi. Il costo del cavo è irrisorio rispetto al dover passarne un altro in caso di guasti.

Per quanto riguarda gli switch, sarebbe adeguato prenderne sempre di dimensioni superiori al necessario in modo da avere qualche porta libera in caso di guasto. E' poi sempre consigliato tenere uno switch di scorta, come backup.

2.3 Scalabilità

La difficoltà di stabilire le dinamiche di una azienda nel medio / lungo periodo può portare come conseguenza una crescita smodata della rete, con la conseguenza di ottenere una minore performance e una minore affidabilità.

Una gestione intelligente della LAN aziendale richiede una programmazione razionale.

Tradotto in termini concreti, nella strutturazione della rete occorre avere capacità di analizzare le esigenze dell'azienda, sapendo che ci sono due vincoli da rispettare: il primo è funzionale (realizzare una rete che sia coerente se non superiore rispetto alle necessità aziendali presenti e future) l'altro è economico (il budget a disposizione). Tuttavia, progettare la scalabilità diventa il punto focale per le reti delle PMI. Ciò significa pensare fin da subito a soluzioni che consentono, con pochi investimenti, di modificare o accrescere la LAN aziendale per le nuove funzioni che dovrà coprire.

Ad esempio, acquistare switch che supporti lo stack, in modo da aggiungerne un altro in caso di aumentato bisogno di porte.

2.4 Sicurezza

I firewall rappresentano, insieme agli antivirus, la soluzione di sicurezza più nota e diffusa ed è il primo elemento di sicurezza da attivare.

Anche il più economico dei firewall permette, in ogni caso, di proteggere la propria rete dagli attacchi più o meno casuali di hacker improvvisati.

Per molte imprese, questi non rappresentano un grande pericolo, poiché le informazioni che potrebbero rubare probabilmente non sarebbero loro di alcuna utilità. Rappresentano comunque una minaccia in quanto potrebbero causare danni spostando o cancellando file. Anche il tempo necessario a ripristinare dati di cui è disponibile un backup aggiornato costituisce un impegno economico.

Il firewall svolge una funzione di barriera protettiva all'ingresso, fornendo un primo livello di protezione, ma le attuali soluzioni presenti in commercio, in realtà, offrono molte funzionalità aggiuntive. Di fatto, il firewall è diventato uno strumento molto potente che arriva a fornire più livelli di protezione.

Possono essere utilizzate appliance specifiche contenenti un firewall precaricato [3] in modo da limitare al minimo i consumi e le possibilità di guasti: un'appliance del genere consuma circa 10 watt e non avendo parti mobili (la memoria di massa è una Compact Flash) si riducono i rischi di guasto. Oppure si possono scaricare gli stessi firewall e installarli su pc per renderli firewall a tutti gli effetti. Un buon firewall da usare è PfSense [4] che permette di scaricare pacchetti aggiuntivi come Snort, un IDS/IPS opensource [5] oppure proxy come Squid, sempre opensource [6].

3 Analisi e Virtualizzazione del Server

La virtualizzazione è una delle tecnologie più rilevanti degli ultimi anni e la sua diffusione sarà notevole nei prossimi [7].

Ad oggi, nelle grandi aziende, risulta virtualizzato un terzo dei server x86. La sua introduzione ha portato ad una modifica radicale l'infrastruttura IT semplificandone la gestione, portando una maggiore flessibilità sempre tenendo sotto controllo o abbassando i costi.

Per questi motivi, questo trend si sta sempre più espandendo, permettendo anche alle piccole e medie imprese di poter usufruire dei vantaggi che questa tecnologia offre.

3.1 Cosa significa virtualizzare un server?

Per Virtualizzazione si intende la capacità di creare una versione non fisica, cioè un'immagine, di un dispositivo o una risorsa. La creazione di una versione virtuale di una risorsa fornita fisicamente.

Il tradizionale modello x86 prevede un rapporto 1:1 tra macchina logica e fisica (figura 3.1).



Hardware

Figura 3.1 Tradizionale modello x86

La rigidità di questo modello, che permette di installare un solo sistema operativo su computer, unito alla diffusione e all'abbassamento dei costi dei server ha portato le aziende ad inserire con facilità nuovo hardware per ogni servizio aggiuntivo di cui ha bisogno. Non senza effetti negativi: l'aumento del numero dei server ha portato inevitabilmente ad una maggiore complessità dell'infrastruttura, una bassa flessibilità, bassa scalabilità e aumento dei costi di manutenzione e di consumi energetici. In ultimo, ma non meno importante, con questo modello tradizionale, si ha un sottoutilizzo delle risorse: secondo gli analisti, le risorse utilizzate mediamente ammontano al 5%-15% (Dawson and Bittman, 2008)

Basso utilizzo dei sistemi x86
 Con potenza sempre crescente (MultiCore, GHz, ...)

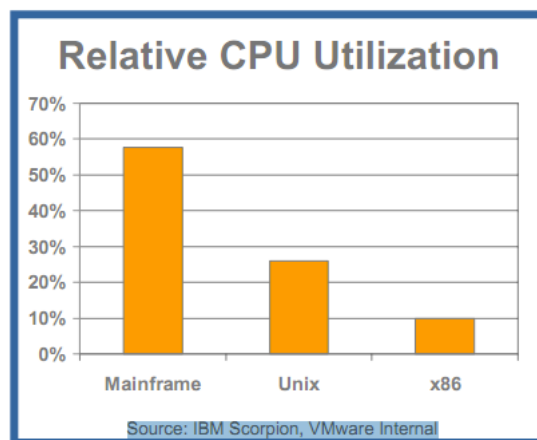


Figura 3.2 Utilizzo del processore nei server con architettura x86

3.2 Macchina Virtuale

Una macchina virtuale, in questo ambito, può essere definita come un contenitore software totalmente isolato in grado di eseguire il proprio sistema operativo e applicazioni come fosse un computer fisico.

Una macchina virtuale si comporta esattamente come un computer fisico ed è dotata dei propri componenti (CPU, RAM, disco rigido e schede di rete) virtuali, vale a dire basati su software.

L'uso delle macchine virtuali porta principalmente tre vantaggi:

- *Isolamento*

Sebbene possano condividere le risorse fisiche di un singolo computer, le macchine virtuali sono reciprocamente isolate come se fossero macchine fisiche distinte. Se, ad esempio, quattro macchine virtuali risiedono in un unico server fisico e una di esse si arresta, le altre tre rimangono disponibili. L'isolamento costituisce il motivo per cui le applicazioni eseguite in un ambiente virtuale sono più disponibili e sicure delle applicazioni eseguite in un sistema tradizionale.

- *Incapsulamento*

Una macchina virtuale è sostanzialmente un contenitore software che raggruppa o "incapsula" un insieme completo di risorse hardware virtuali, con sistema operativo e applicazioni, in un pacchetto software. Grazie all'incapsulamento, le macchine virtuali possono essere trasferite e gestite con straordinaria facilità. È, ad esempio, possibile spostare e copiare una macchina virtuale da una posizione ad un'altra come un qualsiasi file software, oppure salvarla in un qualunque dispositivo di

memorizzazione dei dati: da una scheda di memoria flash USB a una SAN (Storage Area Network) aziendale.

- *Indipendenza dall'hardware*

Le macchine virtuali sono completamente indipendenti dall'hardware fisico sottostante. È possibile, ad esempio, configurare una macchina virtuale con componenti virtuali, quali CPU, scheda di rete, controller SCSI, completamente diversi dai componenti fisici installati nell'hardware sottostante. Macchine virtuali residenti nello stesso server fisico possono anche eseguire tipi diversi di sistema operativo (Windows, Linux, ecc).

Combinata con le proprietà di incapsulamento e compatibilità, l'indipendenza dall'hardware consente di spostare liberamente le macchine virtuali da un tipo di computer x86 ad un altro senza apportare alcuna modifica a driver dei dispositivi, sistema operativo o applicazioni. L'indipendenza dall'hardware consente inoltre di eseguire combinazioni eterogenee di sistemi operativi e applicazioni in un singolo computer fisico.

Una macchina virtuale viene gestita dallo strato di virtualizzazione (*Virtualization Layer*). Tale strato software permette l'esecuzione di più macchine virtuali contemporaneamente sullo stesso hardware, gestendo in maniera dinamica le risorse fisiche.

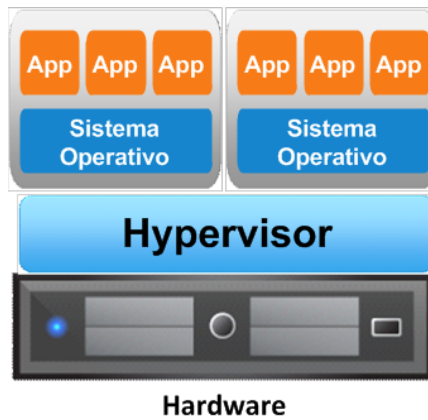


Figura 3.3 Più macchine virtuali su un solo server

Potendo quindi installare più macchine virtuali su un singolo server, installando i sistemi operativi in maniera nativa oppure facendo la conversione dei server esistenti attraverso tools forniti dai produttori, si ha quello che viene definita *Server Consolidation* che con i processori odierni riesce ad avere un rapporto medio di 10:1 (dieci server virtuali su ogni macchina fisica).

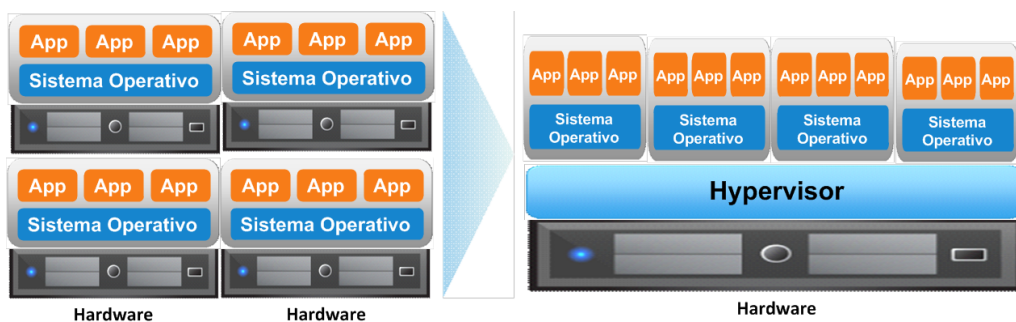


Figura 3.4 Consolidamento dei server

3.3 Virtualizzazione: vantaggi e svantaggi

Analizziamo di seguito quali vantaggi, ed eventualmente quali svantaggi, porta un sistema virtualizzato rispetto ad un sistema tradizionale

- *Ottimizzazione delle risorse*

Il raggruppamento di più macchine virtuali su un solo server fisico porta ad un maggior sfruttamento delle risorse hardware che con la vecchia infrastruttura rimanevano inutilizzate. Grazie al consolidamento anche lo storage viene utilizzato in maniera più razionale. Anche la rete trae i suoi benefici, potendo fare *Link Aggregation*, ovvero facendo lavorare insieme più schede di rete.

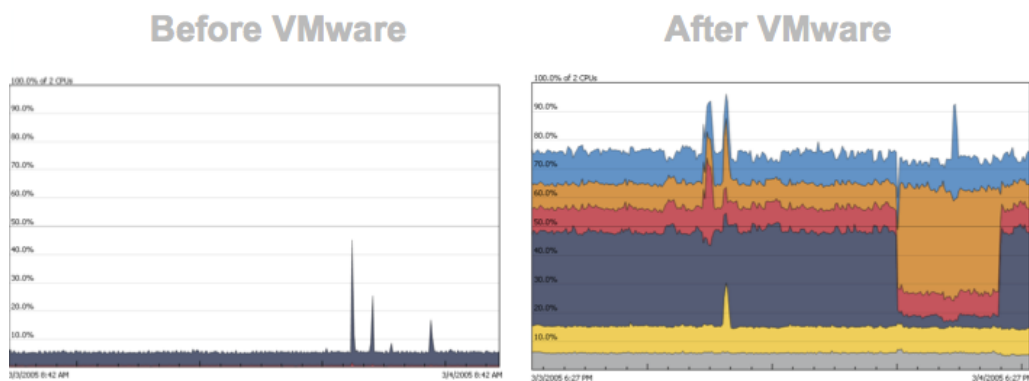


Figura 3.5 Aumento delle risorse utilizzate con virtualizzazione

- *Riduzione dei costi*

La server consolidation porta inevitabilmente una diminuzione dei costi: potendo virtualizzare svariati server su una sola macchina si ha un enorme risparmio sull'hardware. Di conseguenza, un minor numero di hardware si traduce in un risparmio energetico, sia come energia elettrica dei server sia

come risparmio sui sistemi di raffreddamento. Infine, per i grossi datacenter, si traduce anche con un risparmio di spazio.

- *Maggiore affidabilità:*

L'astrazione dall'hardware e la presenza di uno storage centralizzato permettono la business continuity: attraverso sistemi come la High Availability, in caso di guasti le macchine virtuali possono essere spostate ed eseguite dagli altri server del pool in pochi minuti, senza più fastidiosi downtime.

- *Gestione centralizzata e uniforme*

L'intera infrastruttura è monitorata e gestita da un'unica console di amministrazione che rende agile ed immediata la distribuzione delle risorse. Tramite questa console, da remoto, è possibile visualizzare la situazione delle risorse (CPU, memoria ecc.), degli errori, gestire le macchine virtuali.

- *Backup e disaster recovery più rapidi ed efficienti*

Come detto in precedenza, le macchine virtuali sono viste come un unico file: eseguire le operazioni di backup è semplice ed immediato. Inoltre, grazie all'indipendenza dall'hardware, in occasione di disaster recovery, è possibile caricare questi backup su macchine di fortuna.

- *Massima flessibilità e scalabilità*

Un'infrastruttura virtualizzata con storage centralizzato è facilmente scalabile: l'aggiunta o l'upgrade di un nuovo server al pool è semplice e immediata, così come il bilanciamento delle risorse.

E' sempre vantaggioso passare alla virtualizzazione?

Nonostante tutti i vantaggi elencati in precedenza e la diffusione dell'idea di virtualizzazione come soluzione a tutti i problemi, prima di passare alla virtualizzazione bisogna prendere in considerazione la situazione aziendale attuale ed analizzarne le esigenze presenti e future.

La virtualizzazione, nelle sue caratteristiche più spinte quali High Availability e Disaster Recovery può avere un costo piuttosto elevato, sia a livello di licenze sia di hardware e modifiche dell'infrastruttura.

Bisogna anche considerare quali servizi si andranno a virtualizzare, ad esempio database che fanno un elevato uso di CPU, onde evitare decadimento di performance.

Per quanto riguarda il risparmio energetico, l'investimento inizia ad essere vantaggioso e conveniente per data center di grandi dimensioni, dove una consolidation con rapporto 10:1 conduce ad un notevole risparmio.

Un altro aspetto negativo del quale bisogna tenere nella progettazione dell'infrastruttura è la presenza, a virtualizzazione effettuata, di un unico point of failure.

3.4 Hypervisor

La virtualizzazione dei server si basa sul concetto di *hypervisor*, o *Virtual Machine Monitor* (VMM) che è lo strato software che soddisfa i bisogni di CPU, memoria e periferiche del sistema Guest.

Ci sono due tipi di approccio alla virtualizzazione x86:

- Tipo 1 : nativo o *Bare-Metal*;
- Tipo 2 : *Hosted*.

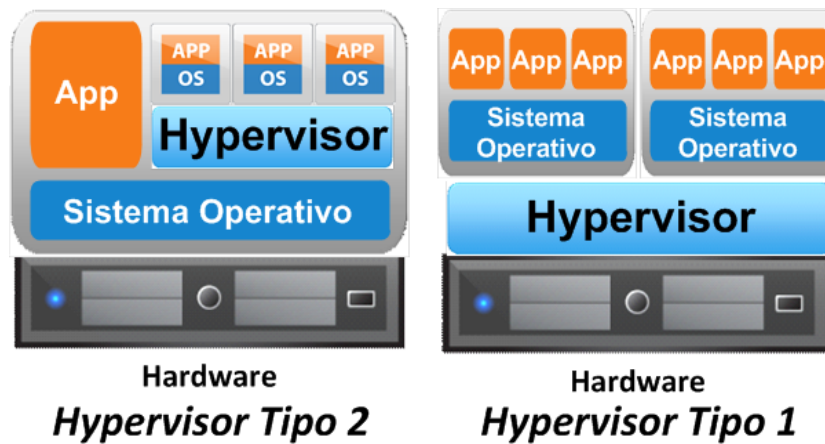


Figura 3.6 Hypervisor di Tipo 1 e di Tipo 2

Un hypervisor di tipo 2 viene installato ed eseguito come applicazione su un sistema operativo host (si parla di *hosted virtualization*). Era il più diffuso agli albori della virtualizzazione in quanto gli amministratori potevano acquistarlo e installarlo sui server già in loro possesso.

In questa architettura, le macchine virtuali in esecuzione comunicano con l'hypervisor che è installato direttamente sul sistema operativo host: le risorse hardware sono sotto il pieno controllo del sistema operativo host e solo lui è in grado di gestirle. In questo tipo di virtualizzazione, il sistema operativo guest crede di avere pieno controllo delle risorse e la maggior parte delle istruzioni, se la CPU fisica supporta la virtualizzazione, vengono eseguite dal sistema operativo Guest. Se le istruzioni non possono essere eseguite dal sistema guest, queste passano al sistema operativo host tramite l'hypervisor e sono eseguite secondo le risorse disponibili. Un fattore importante per il sistema guest è l'overhead che hanno il sistema operativo host e l'hypervisor e che influisce sulle prestazioni.

Un esempio di hypervisor virtualization è Vmware Server oppure, in ambito desktop, Vmware workstation.

Un hypervisor di Tipo 1 o *Bare Metal* (metallo nudo) installa lo strato di virtualizzazione direttamente sull'hardware della macchina. Con questo sistema l'hypervisor ha il controllo di tutte le risorse e quando queste sono concesse alle macchine virtuali, viene fatto in maniera virtuale: l'hypervisor condivide le varie risorse alle macchine virtuali che credono di averne accesso fisico. In questo caso si parla di virtualizzazione Nativa. Esempio sono Vmware ESXi e Citrix XenServer.

Si può dedurre facilmente che la virtualizzazione nativa, rispetto alla hosted virtualization, garantisce prestazioni molto superiori e maggiore affidabilità, avendo un controllo diretto dell'hardware senza dover passare per un sistema operativo host evitando così eventuali crash di sistema. Inoltre, la virtualizzazione di Tipo 1 si dimostra anche più flessibile e scalabile.

	No virtualizzazione	Tipo 2	Tipo 1
Assegna / Rimuove risorse	Shut down	In Pausa	No downtime
Server Migration	Shut Down	In pausa	No Downtime
Backup	No Downtime	No downtime	No Downtime
Load Balancing	Con Sw di terze parti	Manualmente per CPU e ram	Automatico per tutte le risorse
Availability	Bassa	Alta	Molto Alta
Scalabilità	Non Scalabile	Solo VM	Completamente Scalabile

Figura 3.7 Confronto tra hypervisor

3.5 Virtualizzazione del processore

Vediamo ora come avviene la virtualizzazione del processore:

I sistemi operativi per processori x86 sono sviluppati per essere eseguiti direttamente sull'hardware della macchina e gestirlo in maniera diretta.

L'architettura x86 mette a disposizione una modalità di protezione per evitare accessi non autorizzati alle risorse suddivisa in 4 livelli di privilegio, detti *Ring*.

Questi Ring sono dei meccanismi che permettono al sistema operativo, tramite il processore, di limitare l'operatività dei programmi utente.

I quattro livelli sono numerati dallo zero, il livello con maggior privilegio, al tre, quello con minor privilegio.

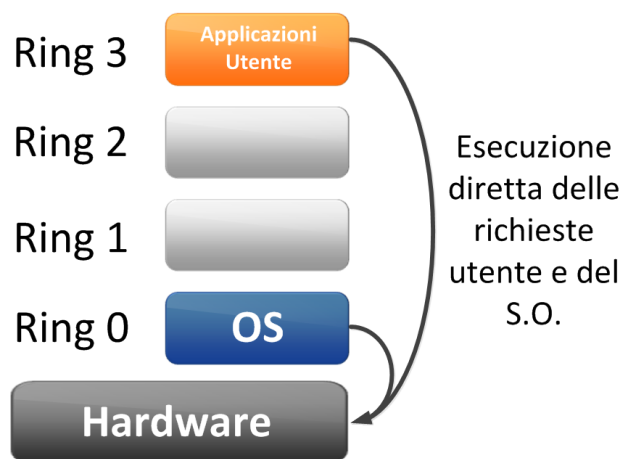


Figura 3.8 Funzionamento dell'architettura x86

Nonostante ci siano 4 Ring di sicurezza, ne sono comunemente utilizzati soltanto 2:

il Ring 0 (quello a più alto privilegio) destinato al sistema operativo;

il Ring 3 nel quale sono eseguite le applicazioni.

Gli altri due Ring (cioè 1 e 2), pensati inizialmente per parti di sistema operativo che non necessitano del privilegio massimo, non sono stati utilizzati.

Virtualizzare una piattaforma x86 significa collocare lo strato di virtualizzazione sotto il sistema operativo per creare e gestire le risorse delle macchine virtuali. Si presenta però un problema: il sistema operativo non è più a contatto diretto con l'hardware, alcune istruzioni non possono essere virtualizzate se non sono eseguite al Ring 0.

La difficoltà di catturare e tradurre queste istruzioni in runtime, in un primo tempo, fece sembrare impossibile la virtualizzazione della piattaforma x86.

Nel 1998 VMware riuscì a sviluppare una tecnica, chiamata Traduzione Binaria [8], che permetteva allo strato di virtualizzazione di girare al Ring 0 e spostava il sistema operativo al Ring successivo.

Ad oggi ci sono tre tecniche principali per la virtualizzazione della piattaforma x86:

- *full virtualization*;
- *paravirtualization*;
- *hardware assisted virtualization*.

3.5.1 Full Virtualization

Si parla di Full Virtualization quando il sistema operativo guest è completamente disaccoppiato dall'hardware della macchina. Questo tipo di virtualizzazione è effettuata combinando due tecniche:

- Traduzione binaria: le istruzioni che non sono virtualizzabili sono tradotte dall'hypervisor e fatte eseguire dall'ambiente fisico.

- Esecuzione diretta: le istruzioni utente sono eseguite direttamente dal processore per massimizzare le prestazioni.

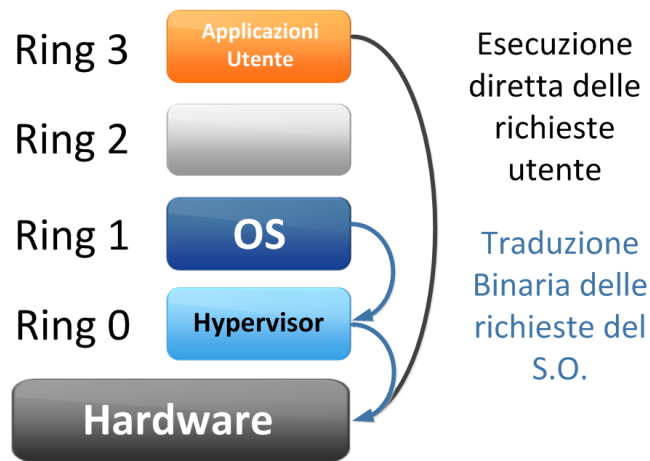


Figura 3.9 Full Virtualization

Il sistema operativo guest non riesce a distinguere se gira in maniera nativa o è virtualizzato: ha la sua memoria, il suo processore e perfino il suo Bios. Il sistema operativo guest non è modificato e questo semplifica anche la portabilità (backup, trasferimento ecc.).

3.5.2 Paravirtualization

La paravirtualizzazione è una tecnica di virtualizzazione che comporta la modifica del sistema operativo guest per modificare le istruzioni non virtualizzabili. Queste istruzioni sono sostituite con *hypercalls* che comunicano direttamente con l'hypervisor.

L'hypervisor inoltre fornisce hypercall per operazioni critiche come la gestione della memoria ecc.

Le istruzioni utente sono sempre eseguite in maniera diretta.

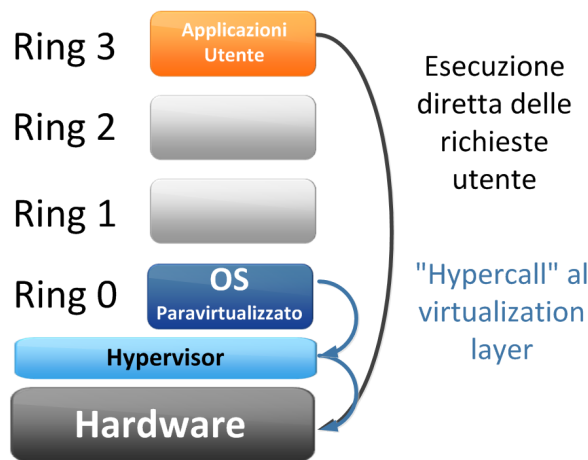


Figura 3.10 Paravirtualizzazione

La paravirtualizzazione, paragonata full virtualization, ha il vantaggio di avere un minor overhead (che comunque dipende sempre dal carico di lavoro) e di essere più semplice da applicare.

Ha lo svantaggio di avere bassa compatibilità a causa della necessità di dover modificare il sistema operativo guest: non possono essere virtualizzati con questo metodo tutti i sistemi operativi non modificabili come ad esempio i prodotti Microsoft.

3.5.3 Hardware Assisted Virtualization

Negli ultimi anni anche i produttori hardware stanno rivolgendo la loro attenzione alla virtualizzazione con lo sviluppo di nuove funzionalità.

Intel e AMD, modificando l'architettura x86, hanno presentato processori con una nuova tecnologia, rispettivamente la Virtualization Technology (VT-x) e AMD-V: tali tecnologie permettono alla VMM di girare ad un livello privilegiato al di sotto del Ring 0. Le istruzioni del sistema operativo guest sono automaticamente intrappolate e inviate

all'hypervisor, eliminando così il bisogno della traduzione binaria e della paravirtualizzazione.

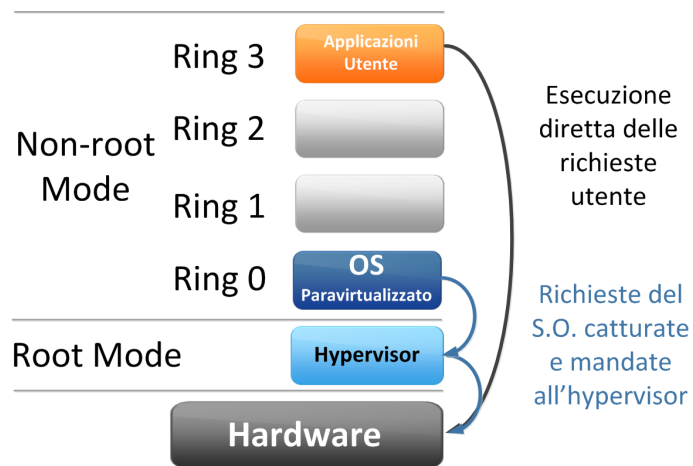


Figura 3.11 Hardware Assisted Virtualization

Questa tecnica, chiamata di prima generazione, è ancora poco performante e poco flessibile. Tuttavia, anche se meno performante della full virtualization ha il pregio di aumentare la compatibilità di hypervisor che usano la Paravirtualization: in questo come prodotti come Xen riescono a virtualizzare sistemi operativi Windows, altrimenti non virtualizzabili.

	Full Virtualization	Paravirtualization	Hardware Assisted Virtualization
Tecnica	Traduzione binaria Esecuzione diretta	Hypercalls	Root-mode
Modifica Os Guest	No	Modificato	No
Compatibilità	Eccellente	Bassa	Eccellente
Performance	Ottime	Buone, ma dipende dai casi	Discreta
Usato da	Vmware Microsoft	Vmware Citrix	Vmware Citrix Microsoft

Figura 3.12 Confronto tra i tre tipi di virtualizzazione

3.6 Storage e virtualizzazione

Un elemento fondamentale nella virtualizzazione dei server è lo storage. Questo deve essere affidabile, scalabile, veloce e sicuro.

Con uno spazio di memorizzazione centralizzato (Network storage) possiamo sfruttare completamente tutti i vantaggi di un'infrastruttura virtualizzata: dalla High Availability, al Load Balancing, all'ottimizzazione dello spazio tra le macchine virtuali.

Sebbene però il bisogno di uno storage sia evidente, non è sempre semplice scegliere la giusta soluzione poiché dipende da caratteristiche richieste quali la capacità, le performance ed infine, ma non meno importanti, i costi. E' importante perciò focalizzare bene gli obiettivi.

I sistemi di memorizzazione più diffusi per lo storage possono essere divisi in due categorie:

- Tradizionali: Das;
- Network Storage: Nas e San.

3.6.1 *DAS o Direct Attached Storage:*

Il DAS è il più semplice sistema di memorizzazione dei dati. Sono delle enclosure contenenti un certo numero di dischi collegati direttamente al server tramite un bus. I principali protocolli per connettere i dischi al server sono SCSI, ATA, SATA, SAS e Fiber Channel.

I dispositivi DAS basilari sono gestiti come JBOD (Just a Bunch of Disks) mentre DAS più avanzati possono anche offrire caratteristiche come il RAID e controller ridondanti. La gestione dei dati e come sono organizzati i dischi è sotto il controllo del server.

E' un sistema di memorizzazione relativamente economico e quindi può essere una buona soluzione per piccole quantità di dati usati localmente senza grandi quantità di I/O dato che presenta dei limiti non trascurabili: la condivisione delle informazioni è difficile da gestire, manca la flessibilità, il coinvolgimento delle risorse del server nelle operazioni di trasferimento dati da e verso lo storage causa un decadimento delle prestazioni.

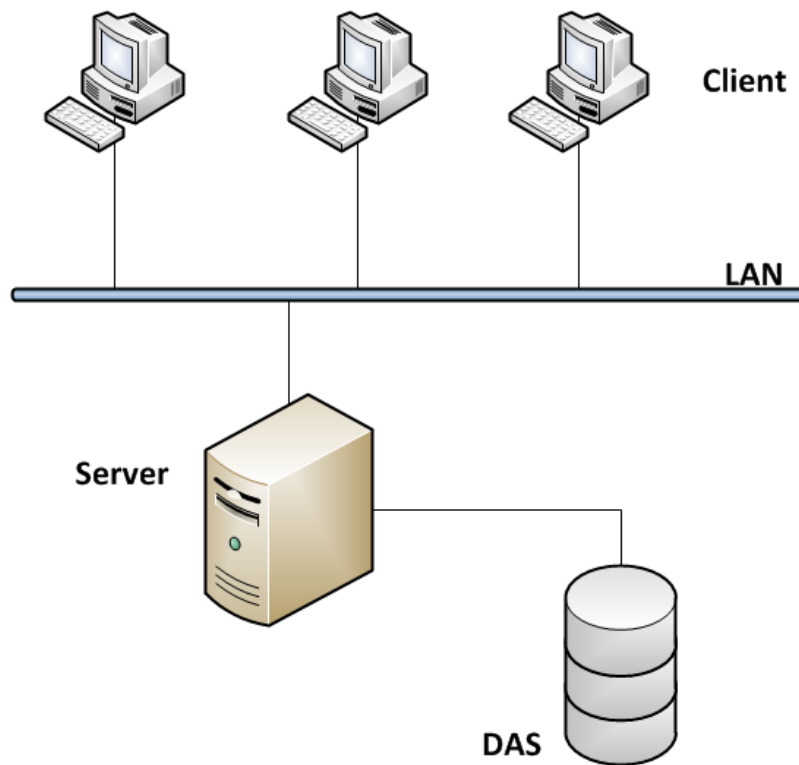


Figura 3.13 Architettura DAS

3.6.2 Nas o Network Attached Storage:

I NAS sono i dispositivi di memorizzazione più semplici e convenienti per aggiungere storage condiviso ai datacenter. Un singolo NAS può fornire svariati Terabyte di capacità. Un Network Attached Storage fornisce sia lo storage sia il file system e opera a livello di file: gli accessi concorrenti, il lock dei file e tutti quei meccanismi necessari per evitare la corruzione dei dati sono gestiti dal Nas. Quando è collegato ad una rete IP, lo storage è disponibile a tutti i server collegati alla lan, indipendentemente dal tipo di sistema operativo: appare come un file server nativo ad ognuno dei differenti client, siano Windows o Linux o altri sistemi operativi. I protocolli utilizzati possono essere FTP, NFS (Network File System) o SMB.

Un altro dei principali vantaggi di un NAS è che può essere collegato in qualsiasi punto della rete, minimizzando i costi e l'impatto sull'infrastruttura, svincolando lo storage dai server, ampliando le possibilità di interconnessione in modo da ottimizzarne le capacità. Le sue prestazioni però sono legate alla congestione della rete.

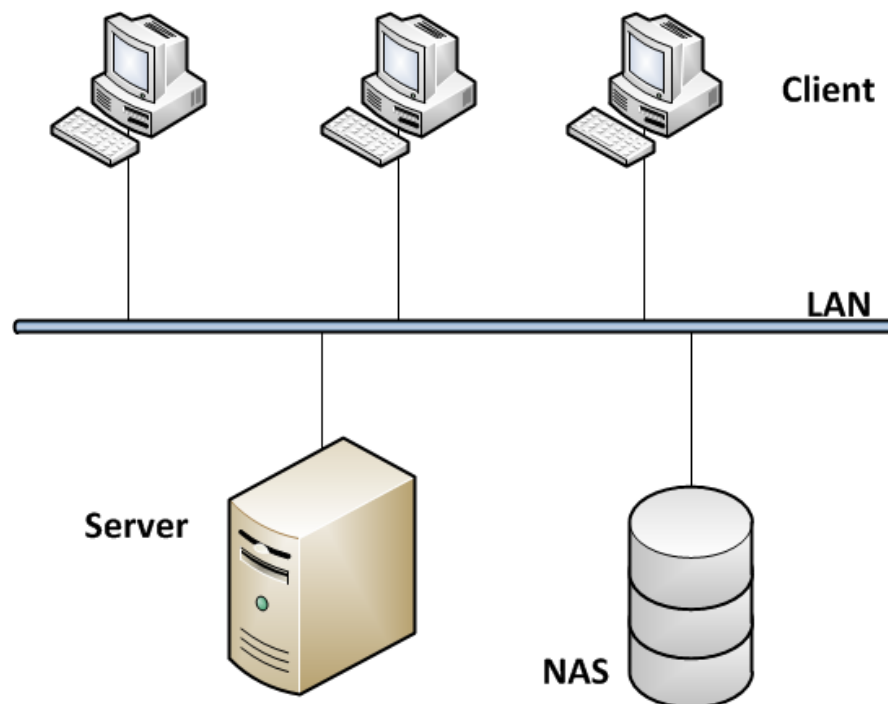


Figura 3.14 Architettura NAS

I NAS generalmente sono delle appliance, computer ridotti con il minimo necessario per comunicare con la rete. E' possibile trasformare un normale PC in NAS utilizzando software free come FreeNas [9] e OpenFiler [10]

3.6.3 San o Storage Area Network:

Lo Storage Area Network è stato progettato per soddisfare le esigenze di storage di rete dei server. Una SAN è una soluzione di storage dedicata, ad alte performance, separata dalla rete locale.

La SNIA (Storage Networking Industry Association) ha dato questa definizione di Storage Area Network:

“Una rete il cui scopo principale è il trasferimento di dati tra sistemi di computer ed elementi di storage e tra elementi di storage. Una rete SAN consiste in un'infrastruttura di comunicazione, che fornisce connessioni fisiche, e in un livello di gestione, che organizza connessioni, elementi di storage e sistemi di computer in modo da garantire un trasferimento di dati sicuro e robusto”

Al contrario del Direct Attached Storage o del Network Attached Storage che sono ottimizzati per la condivisione dei dati a livello di file, la San opera a livello di blocco. Dal punto di vista pratico viene reso disponibile lo spazio fisicamente presente sullo storage condiviso, come se fosse una risorsa locale (es. un disco aggiuntivo). Questo spazio disco non formattato è chiamato *LUN* (Logical Unit Number): una LUN non è altro che una partizione logica della SAN. Il sistema operativo tratterà quindi tale risorsa come disco o partizione locale, sui cui possono essere eseguite le tipiche operazioni di partizione, formattazione, gestione dei file system ecc.

L'architettura distribuita di una Storage Area Network permette di raggiungere i più alti livelli di performance e affidabilità, permettendo ad un vasto numero di utenti di accedere contemporaneamente ai dati senza creare colli di bottiglia sulla LAN e sui server. La SAN è anche il

miglior modo per garantire un'availability 24x7, mantenendo allo stesso tempo un'ottima scalabilità. Offrono una connessione any-to-any tra server e dispositivi di storage permettendo il trasferimento diretto dei dati tra diverse periferiche di memorizzazione, semplificando processi come il backup o la replica dei dati. Per questo motivo, le SAN sono molto utilizzate in ambienti virtualizzati, garantendo quei servizi quali High Availability, Load Balancing e Disaster Recovery. I protocolli per trasportare i comandi SCSI della SAN sono due: iSCSI e Fibre Channel.

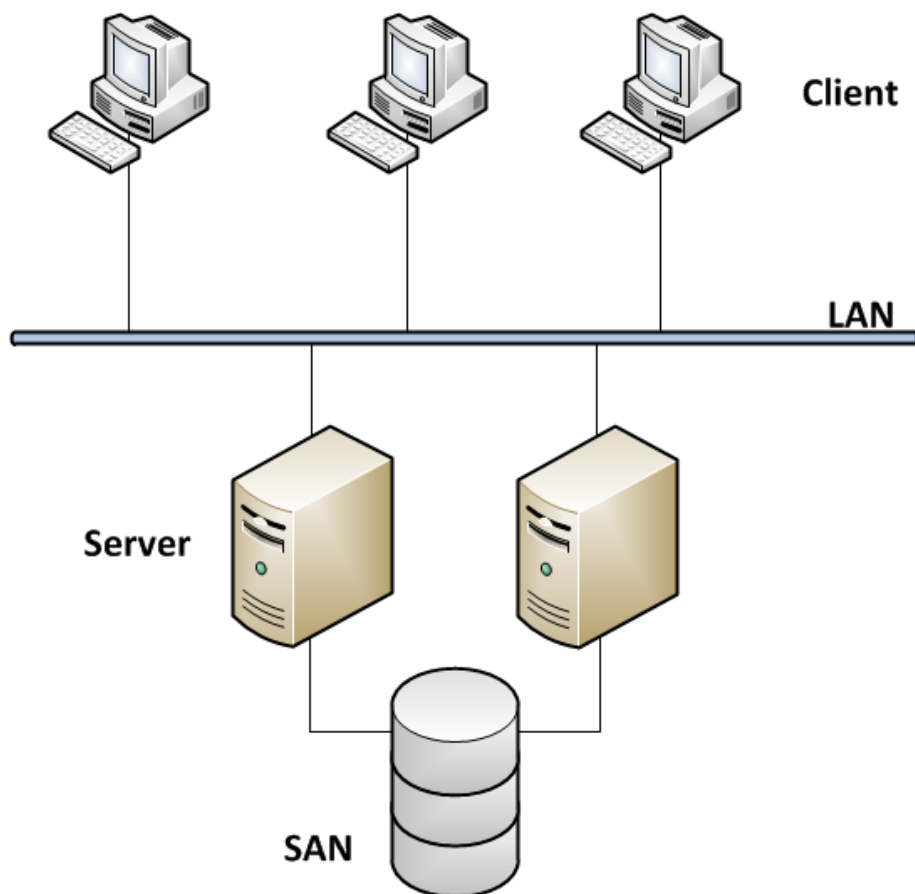


Figura 3.15 Architettura SAN

3.6.4 Raid

I Nas e San utilizzano la tecnologia *RAID* (Redundant Array Of Independent Disks) per garantire l'integrità dei dati o aumentare le performance. L'idea alla base è di dividere e replicare i dati su più hard disk. Quando più hard disk sono messi in RAID formano un RAID Array ed il sistema li vede come un unico disco.

Ci sono diverse configurazioni RAID, ognuna con i propri benefici. Il RAID 0, ad esempio, è una configurazione che aumenta le performance dividendo i dati su più hard disk. La ridondanza in questo caso è nulla e quindi si ha tolleranza ai guasti, poco utile in ambito server.

In ambito aziendale, i raid più utilizzati sono quelli che garantiscono una protezione contro la perdita dei dati: RAID 5 e RAID 6.

Nel RAID 5, ogni volta che i dati devono essere scritti sui dischi, viene calcolato il blocco di parità e il tutto viene memorizzato in maniera distribuita. E' questo bit di parità che, in caso di problemi ad uno dei dischi, permette di ricostruirlo ricalcolandolo. Questo permette al sistema di funzionare anche in caso di un guasto, anche se con prestazioni leggermente inferiori dato che i dati mancanti vanno ricalcolati. L'unico svantaggio, sicuramente accettabile data la tolleranza ai guasti fornita, è la riduzione dello spazio di memorizzazione, proprio per la presenza del blocco di parità.

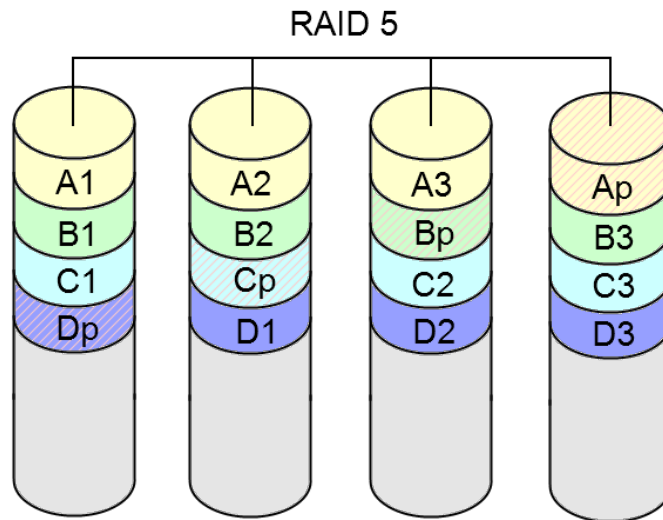


Figura 3.16 RAID 5

Il RAID 6 è simile al precedente ma distribuisce due blocchi di parità sui dischi. Con questa configurazione abbiamo una tolleranza ai guasti superiore, il sistema potrebbe funzionare regolarmente anche con due hard disk guasti.

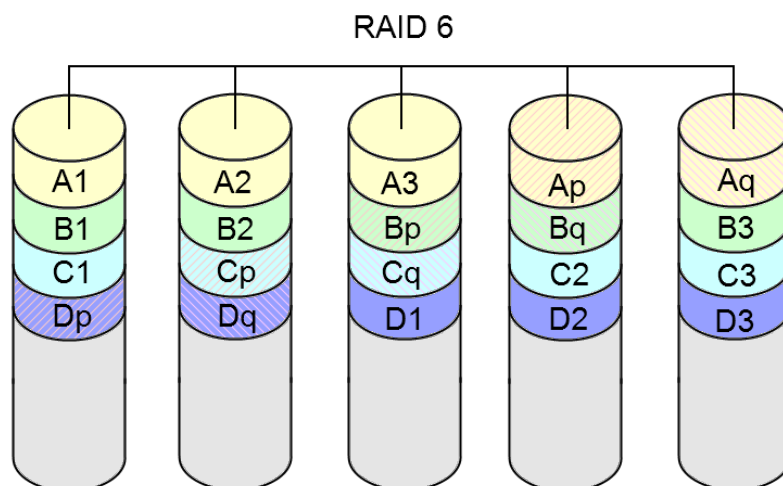


Figura 3.17 RAID 6

3.6.5 NAS o SAN?

Ora andiamo ad analizzare pregi e difetti delle due topologie di network storage[11].

- Sia NAS che SAN, sgravano la CPU del server dalle operazioni nella gestione dei file. Il server non ha cali di prestazioni derivanti dalle operazioni di I/O.
- I dati dei vari server si trovano tutti in un unico storage, sia con NAS che con SAN. In questo modo anche i dati sono consolidati con conseguente risparmio e ottimizzando dello spazio su disco. Ad esempio è possibile aggiungere spazio a più server aggiungendo un solo disco.
- Sia NAS che SAN basata su iSCSI hanno facilità di integrazione interfacciandosi direttamente su rete IP.
- Sul fattore costi, il NAS è meno costoso della SAN. Tale differenza aumenta notevolmente se si prendono in considerazione SAN su rete Fibre Channel.
- Accesso concorrente ai file: i NAS, attraverso il loro filesystem integrato, gestiscono nativamente l'accesso concorrente ai file. Nella SAN la concorrenza, seppur gestita a livello di LUN, a livello file deve essere gestita dal filesystem del sistema operativo.
- Velocità della rete: la velocità del NAS dipende dal carico della rete, stesso discorso per la SAN iSCSI in quanto trasmette

anche lei su rete IP. Elevata velocità con bassa latenza per le SAN su fibra ottica.

	NAS	SAN
Aumento prestazioni Server	SI	SI
Consolidamento	SI	SI
Integrazione	SI	SI con iSCSI
Costo	Economico	Elevato
Velocità	Dipende dalla rete	Elevata
Trasporto Dati	Basso	Elevato
Accesso ai dati	Concorrente	Gestito dal Filesystem
Complessità	Bassa	Elevata su FC

Figura 3.18 Confronto tra NAS e SAN

La scelta tra SAN e NAS non è mutualmente esclusiva. Sono due sistemi che possono benissimo coesistere all'interno della stessa azienda e spesso sono soluzioni complementari.

Quale sia la soluzione più adatta dipende dalle esigenze aziendali. Se quello di cui si ha bisogno sono prestazioni elevate, low latency e non si hanno problemi di budget, la scelta di una SAN in Fibre Channel è la più indicata. iSCSI rimane comunque una buona alternativa economica.

3.7 Protocolli SAN Fibre Channel e iSCSI

Come abbiamo detto in precedenza, ogni SAN comunica internamente con i vari dischi attraverso due protocolli:

- Fibre Channel;
- iSCSI.

Questi protocolli, operando a livello di blocco con comandi SCSI, sono trasparenti a livello di applicazione.

3.7.1 *Fibre Channel*

Il Fibre Channel è la tecnologia più utilizzata nelle architetture di storage nelle grandi aziende. Nata per sopperire alle mancanze dello SCSI, che non poteva propagare il segnale oltre i 25 metri per problemi di disallineamento, all'inizio era chiamata Fiber Channel per indicare che la trasmissione viaggiava su fibra ottica. Il nome poi è cambiato in Fibre quando la trasmissione ha iniziato a viaggiare anche su cavi di rame, per distinguerlo dal precedente.

Nell'architettura Fibre Channel, ogni nodo ha uno o più adattatori locali chiamati Host Bus Adapter (HBA) e la connessione ai vari dispositivi avviene attraverso l'utilizzo di switch di rete, repeater ecc.

Il Fibre Channel gode di molta fama in ambito SAN di grandi dimensioni per diversi motivi:

- Elevata capacità di carico;
- Bassa latenza;
- Connessione affidabile;
- Controllo di flusso per evitare congestioni di rete;
- QoS;

Tutti questi vantaggi si traducono anche in costi elevati. Gli switch e i dispositivi sono molto costosi (uno switch fibre channel 8 porte ha un prezzo di quasi 3000 euro [12]), la manutenzione e la gestione non

sono delle più semplici. Si presenta inoltre la necessità di creare un'infrastruttura ad-hoc separata dal network preesistente.

3.7.2 *iSCSI*

La Fibre Channel non è più l'unica tecnologia disponibile per la soluzione SAN. L'iSCSI, o Internet Small Computer System Interface, è un protocollo che permette ai comandi SCSI di essere trasmessi tramite una rete TCP/IP. Poiché lo SCSI fa uso intensivo della CPU per le operazioni I/O, l'iSCSI fa uso di *Host Bus Adapters* (HBA) che effettua la conversione da protocollo SCSI a protocollo IP. L'idea generale è quella di scaricare la CPU dalle richieste SCSI e farle elaborare all'HBA.

iSCSI oggi sta riscuotendo un notevole successo. Grazie ai suoi nuovi sviluppi tecnologici e alle nuove architetture sviluppatesi [13], è possibile creare SAN senza dover incorrere in importanti implementazioni strutturali nell'ambito del proprio ambiente IT, con costi decisamente più contenuti garantendo comunque livelli di performance adeguati.

Nonostante si tratti sempre di storage su rete IP, è bene non confonderci con i NAS: come spiegato precedentemente il NAS è un file server, una SAN basata su IP utilizza la rete per trasportare i comandi SCSI e pubblica in maniera trasparente i vari volumi ai server.

3.7.3 *Fibre Channel vs iSCSI*

Riassumendo, le differenze sostanziali tra protocollo Fibre Channel e protocollo iSCSI sono:

	Fibre Channel	iSCSI
Costi	Elevato	Normale
Architettura	Ad-hoc	Esistente
Performance	Elevate	Variabili in base al traffico
Manutenzione	Complessa	Semplice
Distanza	Breve	Grande

Figura 3.19 Confronto tra Fibre Channel e iSCSI

- **Costi**
L'hardware per costruire un'infrastruttura Fibre Channel è molto più costoso di quello iSCSI visto che quest'ultimo utilizza la comune rete ethernet
- **Architettura**
Implementare un SAN Fibre Channel richiede la creazione di una infrastruttura ad hoc, separata da quella esistente. L'iSCSI sfrutta l'infrastruttura esistente e tutto il suo hardware risultando molto più veloce e semplice da implementare
- **Performance**
La Fibre Channel garantisce grandi capacità di carico e bassa latenza. Le prestazioni dell'iSCSI sono vincolate all'infrastruttura e alla congestione della rete IP.

- **Manutenzione:**
La manutenzione dell'iSCSI risulta molto più semplice e veloce rispetto al Fibre Channel
- **Distanza:**
Viaggiando su rete IP, l'iSCSI permette di connettere in maniera semplice e veloce apparati anche a grandi distanze.

3.8 Vmware vSphere vs Citrix Xenserver

vSphere è la piattaforma di virtualizzazione offerta da Vmware, azienda pioniera della virtualizzazione e da anni leader incontrastata nel mercato. Citrix propone Xenserver, piattaforma basata sull'hypervisor opensource Xen.

3.8.1 Hypervisor

Sia XenServer sia ESXi, l'hypervisor di Vmware, sono hypervisor Bare-Metal o di Tipo 1, cioè vengono installati direttamente sul server senza sistema operativo host. E' largamente riconosciuto che questo tipo di virtualizzazione offre prestazioni e gestibilità superiori all'hypervisor di Tipo 2. ESXi è un hypervisor proprietario ed una volta installato occupa solo 70 Mb, XenServer occupa ben 1,8 Gb e si basa su Linux. ESXi può utilizzare tutti i tipi di virtualizzazione, XenServer ha bisogno di processori Intel-VT o AMD-V (cioè come detto in precedenza processori con tecnologie di virtualizzazione) per virtualizzare sistemi operativi Windows.

3.8.2 Storage

La memorizzazione su dischi locali, su NAS o SAN collegate tramite FC o iSCSI è supportata da tutte e due le infrastrutture di virtualizzazione. L'uso dello storage condiviso è richiesto per le funzioni avanzate (come Live Migration e High Availability, funzionalità che vedremo in seguito). VMFS (Virtual Machine File System) [14] è il clustered filesystem proprietario di VMware. Utilizzato in abbinamento ad una SAN, permette a ESXi di avere il controllo di alcune funzionalità di storage, come lo snapshotting, indipendentemente dalla marca della periferica. Citrix memorizza le VM con il formato VHD (Virtual Hard Disk) [15]: è un formato file della Microsoft (reso libero poi con il Microsoft Open Specification Promise [16]) per hard disk virtuali che contiene al suo interno partizioni disco e file system. Nel caso di utilizzo di SAN, il formato VHD viene esteso con lo standard LVM (Logical Volume Manager) [17] per la gestione dei volumi. LVM è un metodo di allocazione dello spazio del disco fisso in volumi logici che possono essere facilmente ridimensionati al contrario delle partizioni. Le funzionalità di integrazione con lo storage prende il nome di StorageLink che permette di sfruttare le caratteristiche delle SAN, facendo gestire loro le operazioni sui dati come la creazione e salvataggio degli snapshot. Lo StorageLink può essere utilizzato però solo con hardware certificato.

3.8.3 Sistemi Operativi Supportati

ESXi e XenServer supportano i più diffusi sistemi operativi. Tuttavia VMware, utilizzando tutti e tre i tipi di virtualizzazione mostrati in precedenza, offre una lista di sistemi operativi molto più ampia.

	Esxi	Xenserver
Windows 2000	Si	Si
Windows 2003	Si	Si
Windows 2008	Si	Si
Windows XP	Si	Si
Windows Vista	Si	Si
Windows 7	Si	Si
CentOS	Si	Si
Suse Linux	Si	Si
Red Hat	Si	Si
Ubuntu	Si	No
FreeBSD	Si	No
Mandrake Linux	Si	No
NetWare	Si	No

Figura 3.20 S.O. supportati da Citrix e Vmware

3.8.4 Tool di Conversione

Entrambi i prodotti offrono tool di conversione per la creazione di macchine virtuali: offrono la possibilità eseguire conversioni P2V (Physical-to-Virtual, da macchina fisica a macchina virtuale) e

conversioni V2V (Virtual-to-Virtual, da macchine virtuali, magari di competitor, a macchine virtuali).

3.8.5 Console di amministrazione

La console di amministrazione è lo strumento che ci permette di gestire in maniera centralizzata tutti gli aspetti dell'infrastruttura di virtualizzazione.

vCenter è la console di amministrazione VMware per la gestione e configurazione multi server. Va installata su un server separato ed utilizza un database per memorizzare e gestire i server.

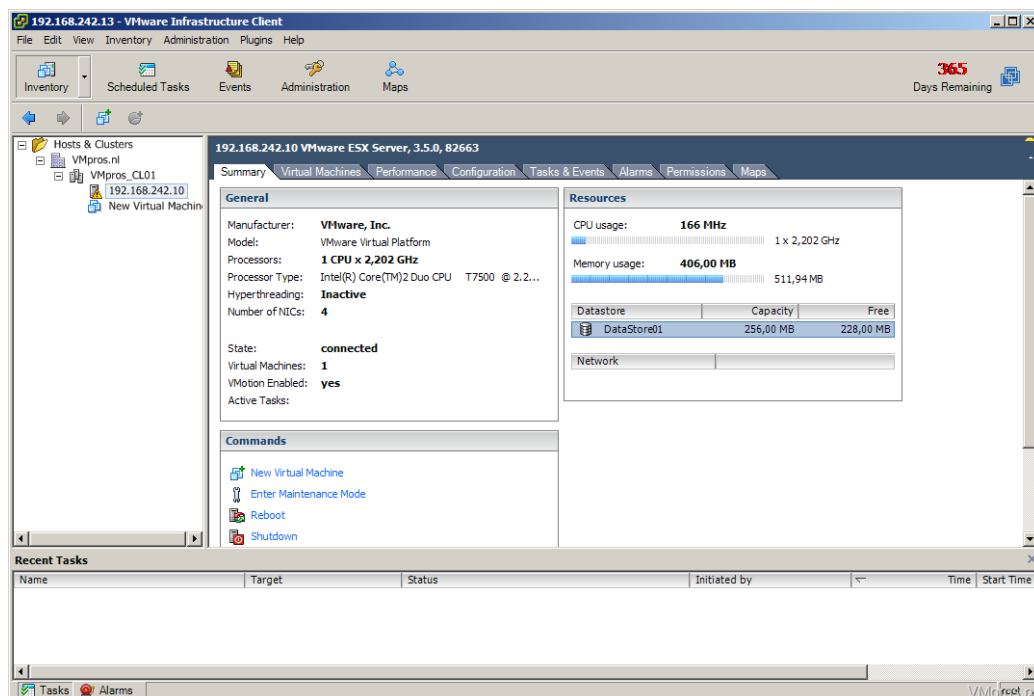


Figura 3.21 Console VMware vCenter

VMware offre una seconda console gratuitamente, la vSphere Client, per la gestione di un solo server. Esteticamente sono identiche, tuttavia le funzioni avanzate quali spostamento di macchine virtuali, High

Availability ecc. possono essere gestite solo con vCenter. Entrambe sono installabili solamente su sistemi operativi Windows.

XenCenter è la console gratuita di Citrix e può essere installata su qualsiasi server o pc Windows. Al contrario di vCenter, XenCenter non richiede l'installazione di database, i dati vengono memorizzati all'interno del server.

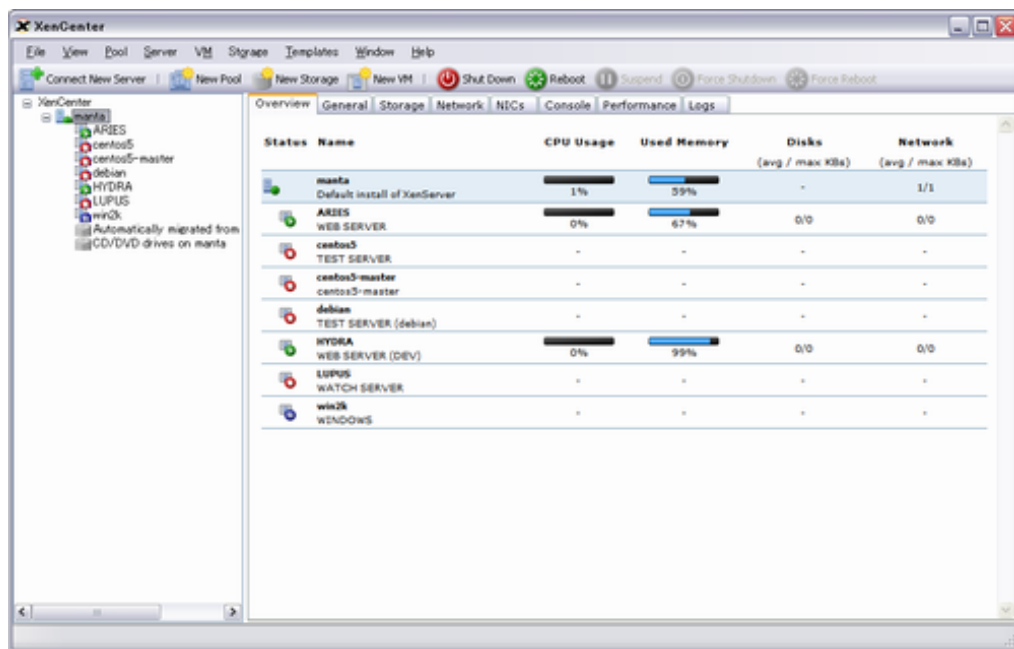


Figura 3.22 XenCenter di Citrix

Esteticamente le due console sono simili e ci permettono di:

- monitorare attraverso grafici l'utilizzo delle risorse (ad esempio CPU, disco ecc.) di macchine virtuali e server;
- controllare la presenza di anomalie;
- assegnare risorse alle varie macchine virtuali;
- gestire le macchine virtuali, spegnerle o accenderle, crearle o eliminarle;
- gestire lo storage;
- creare pool (ovvero insiemi) di risorse.

3.8.6 *Live Migration*

Questa funzionalità, presente sia in Vmware con *vMotion* sia in Citrix con *XenMotion*, consente il trasferimento di macchine virtuali da un server ad un altro anche se queste sono attive ed in funzione, senza interruzioni o downtime. In realtà quello che viene trasferito da un server all'altro non è la VM ma è l'insieme dei suoi stati: i suoi registri, la memoria ecc. Per usufruire di questa funzione è necessario avere uno storage condiviso (San o Nas).

Vmware mette a disposizione anche *Storage vMotion*, feature che permette di spostare la macchina virtuale e non solo i registri da un host ad un altro. In Xenserver non è presente uno strumento simile.

3.8.7 *Ridistribuzione delle risorse.*

La distribuzione delle risorse permette di ottimizzare, attraverso un insieme di regole, che possono anche essere definite in precedenza, l'uso delle risorse tra i vari host. In pratica trasferisce le macchine virtuali tra i vari host in modo da ottimizzare e bilanciare il carico di lavoro. Questa distribuzione può essere fatta sia spegnendo i server, se sono troppo scarichi, e ridistribuendo le risorse su quelli rimasti attivi per non utilizzare risorse in eccesso, sia accendendo i server scarichi e distribuendo loro i carichi in eccesso. Entrambi i prodotti offrono questo tipo di servizio: DRS (Distributed Resource Scheduler) per Vmware e WLB (WorkLoad Balancing) per Citrix.

3.8.8 *High Availability*

L'High Availability è uno strumento che permette la continuità del servizio. In caso di guasto, le macchine virtuali sono riavviate in automatico su un altro server con l'utilizzo del live motion, riducendo i

periodi di downtime. Questo spostamento non è immediato ma genera un disservizio pari al tempo di riavvio delle macchine virtuali, solitamente qualche minuto. Tale disservizio, nella maggior parte dei casi, è trascurabile. L'High Availability è disponibile in entrambi i prodotti.

3.8.9 Fault Tolerance

Come abbiamo appena detto, il disservizio con l'High Availability è di pochi minuti. Eppure, in alcune situazioni, qualche minuto potrebbe rappresentare un danno economico ingente e quindi non tollerabile. Il servizio Fault Tolerance elimina questo disservizio: la macchina virtuale da proteggere viene clonata su un altro host attivo e sincronizzata continuamente. In caso di guasto è subito attivata la seconda macchina virtuale, che a sua volta crea un clone presso un altro host attivo. Questo servizio garantisce continuità di servizio senza interruzioni, è presente in Vmware ma non in Citrix (se non tramite software di terze parti [18]).

3.8.10 Backup e Recovery

Entrambi gli hypervisor sono in grado di creare degli snapshot per funzioni di backup e restore e permettono l'utilizzo di software di terze parti per salvarli.

Vmware mette a disposizione un plug-in per vCenter chiamato "Data Recovery". Questo plug-in esegue e salva uno snapshot ad intervalli regolari e gestisce anche il restore in maniera semplice e veloce.

3.8.11 Maintenance

XenServer e Vmware richiedono entrambi manutenzione regolare per applicare patch e aggiornamenti software. Le patch e gli update possono essere installati, utilizzando le funzioni di Live Migration, senza incorrere in downtime.

Vmware richiede molte più patch (sono state rese disponibili più di cento aggiornamenti dal rilascio nel 2007) ma include un sistema di aggiornamento automatico sia per l'hypervisor sia per le macchine guest.

Citrix ha rilasciato cinque aggiornamenti dal settembre 2008 e dispone di un software per l'aggiornamento automatico solamente per XenCenter, i guest ne sono sprovvisti.

3.8.12 Costi Licenze

Le due società utilizzano due modelli di licenza differenti. Vmware offre il proprio prodotto con una licenza "a processore": il server non può avere più di due processori ed ogni processore deve possedere al massimo sei core. Ha quattro versioni a pagamento: Standard, Advanced, Enterprise, Enterprise Plus.

Vmware offre anche una versione gratuita, con funzionalità limitate, dell'hypervisor ESXi e la console vSphere Client per gestirlo.

Realizzazione di un'infrastruttura ICT per una PMI

Product Components				
Memory/Physical Server 	256GB	256GB	256GB	No Memory Limit
Cores per Processor 	6	12	6	12
Processor Support 	Per 1 CPU	Per 1 CPU	Per 1 CPU	Per 1 CPU
Centralized Management				
vCenter Compatibility (Sold Separately) 	vCenter Foundation vCenter Standard	vCenter Foundation vCenter Standard	vCenter Foundation vCenter Standard	vCenter Foundation vCenter Standard
Product Features				
Thin Provisioning 	✓	✓	✓	✓
Update Manager 	✓	✓	✓	✓
Data Recovery 	Sold Separately for this Edition	✓	✓	✓
High Availability 	✓	✓	✓	✓
vMotion 	✓	✓	✓	✓
vStorage APIs for Data Protection 	✓	✓	✓	✓
Virtual Serial Port Concentrator 		✓	✓	✓
Hot Add 		✓	✓	✓
vShield Zones 		✓	✓	✓
Fault Tolerance 		✓	✓	✓
vStorage APIs for Array Integration 			✓	✓
vStorage APIs for Multipathing 			✓	✓
Storage vMotion 			✓	✓
Distributed Resources Scheduler (DRS), Distributed Power Management (DPM) 			✓	✓
Storage I/O Control 				✓
Network I/O Control 				✓
Distributed Switch 				✓
Host Profiles 				✓
	1yr Production S  Only \$1318.00 Find A Reseller	1yr Production S  Only \$2806.00 Find A Reseller	1yr Production S  Only \$3594.00 Find A Reseller	1yr Production S  Only \$4369.00 Find A Reseller

Figura 3.23 Listino prezzi e caratteristiche dal sito VMware

Mette a disposizione anche bundle (figura 3.24) di licenze installabili su più server.





	vSphere Hypervisor	Essentials Kit	Essentials Plus Kit
Product Components			
Centralized Management 	None	vCenter for Essentials	vCenter for Essentials
Memory/Physical Server	256GB	256GB	256GB
Cores per Processor	6	6	6
Processor Support	No processor limit or requirement per single server	3 servers with up to 2 processors each	3 servers with up to 2 processors each
Product Features			
Thin Provisioning 	✓	✓	✓
Update Manager 		✓	✓
vStorage APIs for Data Protection 		✓	✓
Data Recovery 			✓
High Availability 			✓
vMotion 			✓
		With 1yr Subscrip  Only \$611.00	1yr Production S  Only \$4,369.00
			

Figura 3.24 Bundle VMware per le PMI, fonte sito VMware

Citrix non pone limiti al numero di core o processori, applica la sua licenza “per server”. Anche qui sono presenti quattro edizioni: Free, Advanced Edition, Enterprise Edition, Platinum Edition.

XenServer Features		Free Edition	Advanced Edition	Enterprise Edition	Platinum Edition
Free virtual infrastructure	XenServer hypervisor	✓	✓	✓	✓
	IntelliCache	✓	✓	✓	✓
	Resilient distributed management architecture	✓	✓	✓	✓
	VM disk snapshot and revert	✓	✓	✓	✓
	Resilient distributed management architecture	✓	✓	✓	✓
	XenCenter management	✓	✓	✓	✓
	Conversion tools	✓	✓	✓	✓
	XenMotion® live Migration	✓	✓	✓	✓
Advanced management and automation	Distributed virtual switching		✓	✓	✓
	Heterogeneous pools		✓	✓	✓
	High availability		✓	✓	✓
	Memory optimization		✓	✓	✓
	Performance alerting & reporting		✓	✓	✓
	Dynamic workload balancing			✓	✓
	Host power management			✓	✓
	Live memory snapshot and revert			✓	✓
	Provisioning services (virtual)			✓	✓
	Role-based administration			✓	✓
	StorageLink			✓	✓
	Web self-service with delegated admin			✓	✓
	Automated VM protection and recovery				✓
	Lab manager with self-service portal				✓
	Provisioning services (physical)				✓
Site recovery				✓	
Cost per server	Free	\$1,000	\$2,500	\$5,000	

Figura 3.25 Listino prezzi dal sito Citrix

Mediamente, il costo delle licenze Citrix sono inferiori rispetto a quelle Vmware, a parità di funzionalità. Ad esempio, il pacchetto della Vmware per la gestione di tre server, con High Availability e vMotion, ha un costo di 4369 dollari. Con Citrix, le stesse funzionalità hanno un prezzo di 3000 dollari. Una differenza del 30%.

Confrontando le versioni gratuite, Citrix ha funzionalità che nella suite Vmware si trovano nella versione a pagamento. Parliamo ad esempio del Live Motion, la funzionalità per spostare le macchine virtuali, oppure

la gestione delle risorse in pool, possibile in Vmware solo con la console vCenter, a pagamento.

3.8.13 Prestazioni

Vmware è da anni nel mercato della virtualizzazione, le sue soluzioni ed ottimizzazioni sono sempre un passo avanti alla concorrenza. Citrix, dalla sua, nelle ultime versioni sta colmando in maniera incredibilmente veloce il gap che la separa dalla leader del mercato.

Un confronto tra prestazioni è difficile da calcolare perché influenzato da svariati fattori. Non a caso ci sono pareri contrastanti.

Report di Taneja Group [19] mostrano come al crescere delle macchine virtuali con pesanti carichi di lavoro, le prestazioni di Citrix siano inferiori a quelle Vmware (figura X).

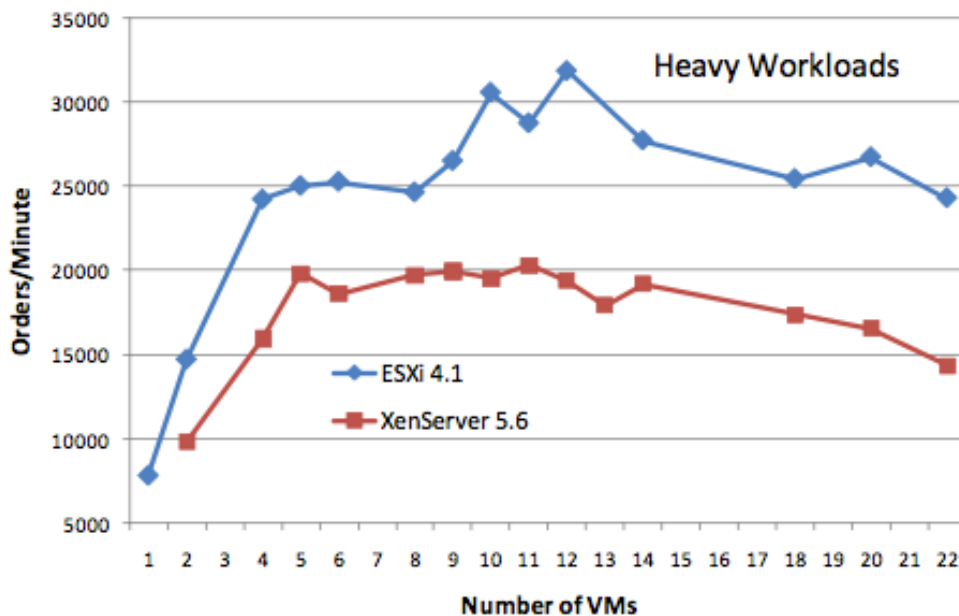


Figura 3.26 Confronto Citrix - Vmware all'aumento del workload

Altri benchmark, invece, mostrano come con un basso carico la soluzione Vmware sia più performante. Performance che fanno a favore di Citrix man mano che i carichi diventano sempre più pesanti[20].

3.8.14 Considerazioni

Nelle prove effettuate in laboratorio, sono state installate le versioni gratuite dei due hypervisor su server HP ML350 dotato di processore Xeon quad-core, 4gb di ram e dischi SaS. È stato configurato anche uno storage di rete creato con il software FreeNas.

Sono state create diverse macchine virtuali, con sistemi operativi Windows 2003 server e Windows XP, sia installando i sistemi operativi direttamente sull'hypervisor, sia convertendo macchine fisiche con i tool forniti.

Dopo aver eseguito diverse prove di carico di lavoro, si è potuto notare come le prestazioni dei due hypervisor siano state molto simili, sia come tempi di avvio, sia come tempi di risposta.

L'unica differenza sostanziale è stata evidenziata nell'effettuare la copia delle macchine virtuali. Nella versione free di ESXi questa impiega moltissimo tempo: nel test effettuato, la copia da e verso qualsiasi storage (sia da locale verso il nas che viceversa) ha impiegato un tempo di circa due ore per una macchina virtuale di 10 Gb.

Tempo notevolmente ridotto nel caso di Citrix, dove era possibile effettuare la copia anche durante l'esecuzione della macchina virtuale grazie alla presenza del Live Motion nella versione free.

Il prodotto Vmware, pur pubblicizzando numerose funzionalità in più rispetto alla concorrenza, per l'uso medio di una piccola e media azienda, ha un comportamento simile al concorrente Citrix. Le caratteristiche pubblicizzate, in questo caso, non danno un aumento rilevante di prestazioni. Poiché le funzionalità di base sono simili, la

scelta di un prodotto sull'altro può essere effettuata sia sulla base della compatibilità dei sistemi operativi che si andranno ad utilizzare, sia sulla disponibilità economica.

Come detto in precedenza, entrambe le piattaforme di virtualizzazione hanno delle versioni gratuite del loro ambiente: gli utenti possono permettersi così di avvicinarsi alle loro tecnologie in tranquillità, senza costi iniziali per le licenze, e poter iniziare a sfruttare i vantaggi che questa tecnologia offre.

4 Il Backup

Le PMI nascono sulla base di un'idea imprenditoriale. Le informazioni e i sistemi hardware e software che li gestiscono costituiscono una preziosa risorsa e, in quanto tale, va protetta. I sistemi di protezione dei dati sono poco o per nulla considerati durante la fase di startup. La conoscenza dei rischi legati alla sicurezza delle informazioni a volte è delimitata al solo utilizzo di antivirus, ignorando i processi di backup e considerandoli al massimo una fastidiosa preoccupazione. Fino a quando non hanno perdite di dati che si traducono in perdite commerciali[21].

Generalmente il backup è fatto a specifici intervalli salvando oltre ai dati anche il sistema operativo. Se si deve recuperare qualche file, basta accedere al backup. Invece in caso di disaster recovery il restore può essere fatto solamente su una macchina che è l'esatto duplicato di quella di partenza, costringendo i responsabili IT ad avere sempre costose macchine di backup inutilizzate e aggiornate costantemente.

Spesso però le PMI non hanno a disposizione grossi budget o non hanno personale IT per gestire i backup.

Tuttavia, con l'adozione della virtualizzazione dei server e lo storage condiviso, le operazioni di backup diventano facilmente attuabili e meno costose grazie all'uso degli *snapshot*.

Uno snapshot non è altro che una "foto" dello stato attuale della macchina virtuale, è una copia dello stato della Virtual Machine per come si trova in quel momento in memoria, comprese le impostazioni e gli stati di ogni disco. La procedura di snapshot è un'operazione piuttosto semplice. In genere è già integrata nelle console di virtualizzazione.

Il ripristino, in caso di disaster recovery, è semplice e veloce perchè la macchina virtuale può essere copiata su qualsiasi server, anche di fortuna, non necessariamente speculare a quello di partenza.

Lo snapshot quindi è un importante strumento di protezione delle macchine virtuali, ma non dovrebbe essere considerato come l'unico modo: con lo snapshot il ripristino deve essere fatto dell'intera macchina virtuale, anche per recuperare un solo file. Per ovviare a questa situazione è possibile ripristinare la macchina virtuale su un server di test e da lì recuperare il file. Un altro metodo è installare un software di backup all'interno della VM e da lì selezionare quali file devono essere protetti, proprio come avverrebbe su un pc fisico.

Il backup effettuato non deve assolutamente risiedere solamente sullo stesso server dove sono i dati da proteggere: i dati in questo modo non sarebbero protetti completamente perché in caso di furto o incendio non sarebbero al sicuro. Bisogna considerare quindi la capacità di poter replicare o trasportare i dati *offsite*.

4.1 Metodologie di Backup

Le opzioni per effettuare il backup possono essere suddivise in tre categorie: backup su nastro, backup su disco e backup su cloud.

4.1.1 Backup su nastro

Era il tipo di memorizzazione più diffusa dato il basso costo delle cassette. Consiste nell'effettuare il salvataggio dei dati su dei nastri magnetici con software di backup. Portare i dati offsite per garantire la disaster recovery è semplice perché basta mettere al sicuro la cassetta. Nota negativa è la lentezza nell'accesso ai dati, accesso che avviene

anche in modalità sequenziale. E' un tipo di backup utilizzato per salvataggio dei dati sul lungo periodo.

4.1.2 Backup su disco

Il sistema di backup su disco è composto da una macchina con una serie di dischi ridondanti (solitamente Nas o San). Questo tipo di backup ha un costo ridotto grazie al continuo incremento del rapporto prezzo/capacità. Rispetto alla cassetta, permette un accesso veloce e diretto ai dati. E' un tipo di sistema adatto al backup automatico di server. Questa gestione è resa ancora più semplice dalla possibilità di utilizzo degli snapshot di macchine virtuali.

Tuttavia questi array di dischi non sono semplici da trasportare quindi per effettuare il salvataggio offsite spesso bisogna effettuare un'ulteriore copia.

4.1.3 Backup online

Per questo tipo di backup l'unica risorsa necessaria è una connessione ad internet. E' un servizio efficace che permette di fare backup dei dati, in maniera automatica, su server offsite (es. Amazon S3 <http://aws.amazon.com/s3/>). Tutte le operazioni risiedono all'esterno, la PMI non ha bisogno di risorse hardware o personale IT. I vantaggi vanno dal minor costo per lo storage, Amazon fa pagare 0,093\$ al GB/mese, al costo nullo dell'infrastruttura cloud rispetto ad un'eventuale struttura della PMI. Altro vantaggio è la garanzia del servizio, indicato nella SLA, che per fornitori di qualità arriva anche al 99,99% di uptime, difficilmente raggiungibili da un'azienda se non con spese elevate.

Gli aspetti negativi del cloud backup derivano dalla connessione internet. Fare un backup di una grande quantità di dati può richiedere

svariate ore o addirittura giorni. Stesso discorso per il ripristino, anche se solitamente il download è più veloce dell'upload. Una soluzione per ridurre il problema è l'utilizzo di un backup incrementale: il primo salvataggio è completo, i backup successivi sono effettuati solamente sui dati modificati. Si ha così un trasferimento dati più veloce ed un minor consumo di banda.

4.1.4 Considerazioni

La soluzione migliore per una PMI, mantenendo sempre sotto controllo i costi ma non penalizzando la continuità ed il disaster recovery, potrebbe consistere nell'adozione di due soluzioni di backup: il backup su cloud e backup su disco.

Con il backup su cloud, ad un costo limitato, possiamo salvaguardare i dati offsite e con la garanzia di poterli reperire in qualunque momento e da qualunque luogo.

Il backup su disco, che può essere anche un hard disk esterno o sullo stesso Nas/San dove si trovano le macchine virtuali, mantiene l'ultimo snapshot effettuato.

Con questo tipo di soluzione, ad un costo contenuto e senza aver bisogno di personale o di dover modificare l'infrastruttura IT, abbiamo sempre un backup al sicuro offsite e un backup in locale per un veloce ripristino in caso di problemi accidentali o hardware.

È bene ricordare che, al contrario di quanto credono la maggior parte delle aziende, effettuare il backup non basta. Eseguire una copia dei dati, che sia in locale o in remoto, garantisce la protezione dei dati, ma non assicura la continuità del servizio.

Con Disaster Recovery, che fa parte del più ampio business continuity, si intende l'insieme di misure atte a ripristinare sistemi, dati e

infrastrutture in seguito ad un disastro di qualsiasi genere (sia umano che naturale).

Ogni azienda dovrebbe avere un piano di Disaster Recovery per tutelarsi contro situazioni di grave emergenza che possono causare interruzioni più o meno lunghe nel funzionamento di sistemi.

Solo in questo modo, nel caso si verificasse un evento dannoso si potrebbe garantire la business continuity, proseguendo con le attività fino al ritorno alla normalità.

Diversamente, l'impresa potrebbe subire danni economici incalcolabili: alcuni immediati, per stop forzato dei servizi, altri più evidenti per la perdita di dati.

La virtualizzazione, come già detto, semplifica la creazione di siti di disaster recovery dover far ripartire la struttura in caso di evento disastroso, anche con macchine completamente differenti da quelle di partenza.

5 Software On-Premise e SaaS

Affronteremo ora il discorso di come implementare e gestire un servizio di posta elettronica, strumento oramai fondamentale per molte PMI. Confronteremo due prodotti, Microsoft Exchange[22] e Google Apps Premier[23], che utilizzano due infrastrutture differenti: On-premise il primo e SaaS il secondo. Presteremo più attenzione al funzionamento e alle differenze tra le infrastrutture piuttosto che alle singole caratteristiche dei prodotti.

5.1 On-Premise o Software Tradizionale

Con il termine on-premise (gestito internamente) ci si riferisce a software acquistato a titolo definitivo e installato ed eseguito presso la sede aziendale. Il software on-premise è stato quello di uso più comune fino al 2005, quando si presentano i primi software on-demand.

Il software è acquistato e diventa di proprietà dell'azienda che ha il compito di installarlo oppure farlo installare, a pagamento, da terzi. E' sempre l'azienda stessa che deve occuparsi della personalizzazione, della gestione e manutenzione del software nonché dell'infrastruttura dove questo è installato.

Quando esce una nuova release del software, l'azienda può effettuare l'aggiornamento dietro pagamento di un corrispettivo per l'upgrade. Si può anche scegliere di non aggiornare ma le nuove versioni

solitamente, oltre ad avere nuove funzionalità, contengono anche miglioramenti e correzioni. Rimanendo poi con la stessa versione, alla lunga il software diviene obsoleto e quindi non più coperto da assistenza da parte del produttore[24].

5.2 Software SaaS

SaaS è l'acronimo di *Software-as-a-Service*, software come servizio. Con SaaS, conosciuto anche come software on-demand, ci si riferisce ad un modello di distribuzione del software che diventa utilizzabile tramite internet senza dover essere installato in azienda.

Oggi il panorama SaaS rende disponibile quasi tutte le categorie di software per il business: CRM (Customer relationship management), ERP (Enterprise Resource Planning), contabilità ecc.

Il software non è più acquistato, ma viene preso in "affitto" con il pagamento di un canone, mensile o annuale, ed il rapporto tra fornitore e cliente è regolato dallo *SLA* (Service Level Agreement). L'azienda non si deve occupare dell'installazione, della manutenzione e aggiornamento del software. Non deve predisporre e gestire l'hardware. L'unica cosa di cui ha bisogno è un browser e di una connessione internet: il software è ospitato sui server del fornitore che si occupa di gestirlo e renderlo disponibile.

5.2.1 Le 3 caratteristiche chiave del SaaS

L'idea di software accessibile da internet però ha un significato un po' troppo ampio: anche un software scritto anni fa con un front-end in html potrebbe essere identificato come software-as-a-service. Le caratteristiche che distinguono un'applicazione SaaS ben progettata da un'applicazione non SaaS o progettata male sono [25]:

- *scalabilità*
rendere scalabile un'applicazione significa aumentare la concorrenza massima e utilizzare le risorse in maniera più efficiente, ad esempio condividendo le risorse comuni, memorizzando dati di riferimento nella cache, dividere database grandi in database più parti.
- *multi-tenancy*
in un'architettura multi-tenant si ha una singola istanza in esecuzione sul server: i clienti utilizzano la stessa applicazione di base e le stesse funzionalità di configurazione limitate. I dati sono sullo stesso server, separati da partizioni logiche che impediscono di migrare da un utente all'altro.
- *configurabilità*
Se è in esecuzione una singola istanza del programma non è possibile non si possono fare modifiche per personalizzare l'applicazione per un singolo utente in quanto queste modifiche si rifletterebbero anche su tutti gli altri utenti. Invece di personalizzare l'applicazione nel modo tradizionale, ogni cliente utilizza dei metadati per configurarne aspetto e funzionalità. L'architetto SaaS dovrà fare in modo che la configurazione delle applicazioni sia più semplice possibile senza incorrere in costi aggiuntivi di sviluppo.

5.2.2 I quattro livelli di maturità del SaaS

Scalabilità, Multi-tenancy e configurabilità sono tre attributi chiave che caratterizzano e indicano la maturità di un Software-as-a-Service. La maturità, suddivisa in quattro livelli, è l'indicatore della presenza di questi tre attributi in un software SaaS. La maturità può essere anche parziale ovvero non presentare tutte e tre le caratteristiche chiave: un'applicazione potrebbe soddisfare i requisiti posti come obiettivo anche se non possiede tutti gli attributi chiave. In tal caso l'architetto dell'applicazione può scegliere di non implementare gli altri attributi per non aumentare i costi senza motivo.

- *Livello 1 (Ah-hoc)*

Al primo livello di maturità, ogni cliente ha la sua versione personalizzata dell'applicazione presente sul server ed esegue una propria istanza dell'applicazione sull'host. Software SaaS a questo livello sono simili ad applicativi Client-Server tradizionali, dove diversi client si connettono alla stessa istanza in esecuzione sul server.

Applicazioni client-server tradizionali possono essere adattate a questo livello SaaS con modifiche contenute e senza la necessità di riorganizzare l'architettura dell'intero sistema.

Nonostante sia lontano dall'essere un'applicazione SaaS matura con tutti i suoi vantaggi, questa soluzione consente di ridurre i costi dell'hardware e di gestione tramite consolidamento.

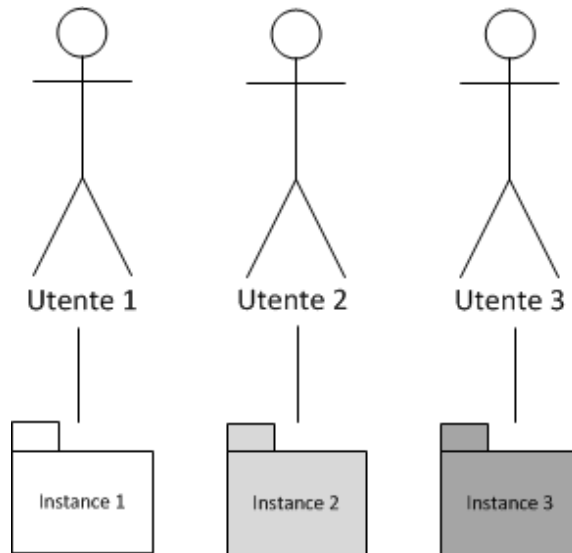


Figura 5.1 Primo livello di maturità - Ad Hoc

- *Livello 2 (configurabile)*

A questo livello le istanze del programma, pur rimanendo completamente isolate le une dalle altre, utilizzano tutte lo stesso codice di base. La separazione delle istanze può essere sia virtuale (macchine virtuali sullo stesso server) o fisica (esecuzione su macchine diverse). La personalizzazione viene gestita attraverso dettagliate opzioni di configurazione per fare in modo che ogni cliente abbia la sua versione customizzata del software nonostante il codice di base sia lo stesso.

L'adozione di un codice di base per tutti i clienti semplifica la gestione perché ogni modifica può essere estesa facilmente a tutti i clienti.

Adattare un'applicazione tradizionale a questo livello, se non prevede una configurazione tramite metadati, può richiedere una riprogettazione.

Anche se più flessibile del modello precedente, la potenza di calcolo non è condivisa tra le istanze e quindi il fornitore non può realizzare economie di scala.

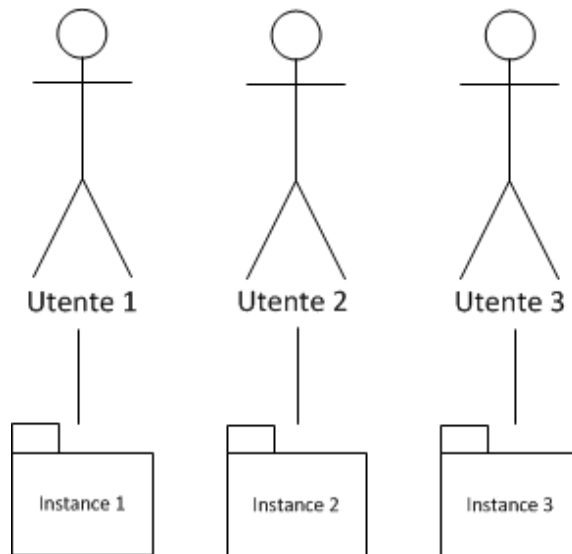


Figura 5.2 Secondo livello di maturità – Configurabile

- *Livello 3 (Configurabile, multi tenant)*

A questo livello l'architettura del software include al livello precedente il concetto di Multi-tenancy: una singola istanza del programma per tutti i clienti e personalizzazione attraverso metadati.

A questo livello c'è un uso più efficiente delle risorse del server ma soffre una limitata scalabilità che può essere effettuata solo spostando l'applicazione su un server più potente.

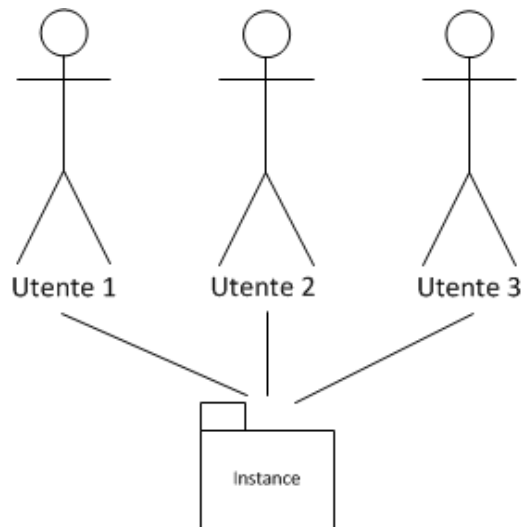


Figura 5.3 Terzo livello di maturità - Configurabile, Multi-tenant

- *Livello 4 (configurabile, multi-tenant, scalabile)*

Il più alto livello di maturità di questo modello aggiunge la scalabilità. Questa scalabilità viene ottenuta tramite load-balancing di identiche istanze di applicazione che sono in esecuzione su un numero variabile di server. E' introdotto un *Tenant Load-Balancer* per massimizzare l'utilizzo delle risorse (CPU, storage ecc.) e il carico totale viene distribuito equamente su tutta l'infrastruttura. Il fornitore può aumentare o diminuire la capacità del sistema per soddisfare la domanda con l'aggiunta o rimozione dei server, senza la necessità di effettuare modifiche all'architettura delle applicazioni.

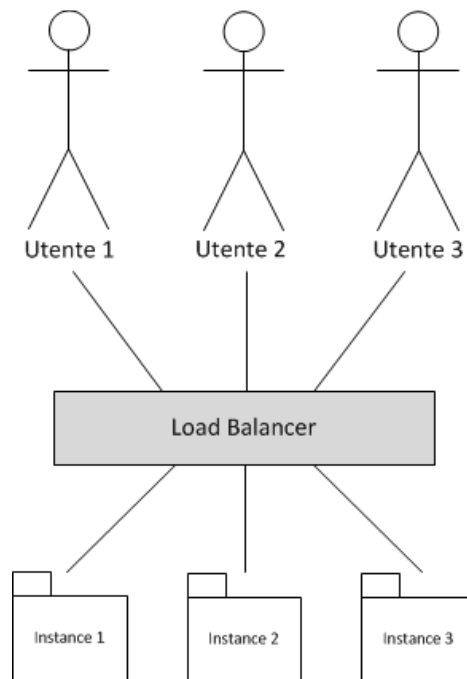


Figura 5.4 Quarto livello di maturità - Configurabile, Multi-tenant, Scalabile

L'architettura SaaS può fare anche uso della virtualizzazione, nella sede del fornitore, sia in aggiunta alla multi-tenancy sia in sostituzione di essa[26]. Un vantaggio della virtualizzazione è quello di aumentare le capacità del sistema senza bisogno di ulteriore programmazione. Programmazione che però potrebbe essere necessaria per costruire un'applicazione multi-tenant più efficiente. La combinazione di virtualizzazione e multi-tenancy fornisce anche una maggiore flessibilità per raggiungere prestazioni ottimali [27].

5.2.3 Gestione dati nell'architettura multi-tenant

Quando l'applicazione SaaS viene progettata, viene realizzata anche una configurazione standard del database con tabelle, campi e query predefinite, adatte al tipo di applicazione. Il problema si pone poiché

clienti diversi possono presentare esigenze diverse, non difficilmente possono essere soddisfatte da un modello dati predefinito. Si rende perciò necessario implementare un metodo che permetta ai clienti di personalizzare il modello dati predefinito secondo le proprie esigenze senza compromettere il modello dati generale. Ci sono tre metodi differenti che vanno dall'isolamento dei dati ai dati completamente condivisi: database separati, database condiviso a schemi separati e database condiviso con schema condiviso.

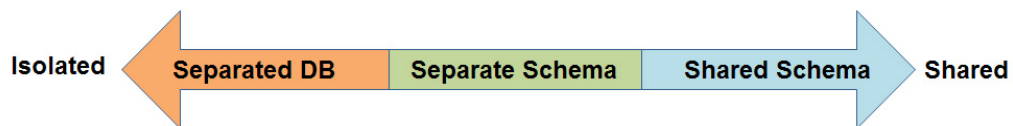


Figura 5.5 Schema condivisione dati nel SaaS

- *Database Separati*

Questo è l'approccio più semplice all'isolamento dei dati e consiste nell'attribuire ad ogni tenant un database dedicato che può essere modificato liberamente secondo le sue esigenze: può aggiungere campi, query, nuove tabelle e relazioni ma sempre nei limiti del programma.

Questo è il miglior approccio se si cerca l'isolamento dei dati, importante per settori come quello bancario. Inoltre il backup e ripristino dei dati è una procedura semplice.

Sfortunatamente questo approccio tende a generare costi superiori: il numero di database che possono risiedere su ogni server è limitato e quindi l'infrastruttura tenderà a crescere facilmente.

- *Database condiviso, schemi separati*

E' un approccio che permette di ospitare sullo stesso database diversi clienti, ciascuno dei quali ha il proprio gruppo di tabelle personalizzato. Questo metodo permette ai clienti di estendere e personalizzare le proprie tabelle pur mantenendo i vantaggi economici di un database condiviso. E' un approccio relativamente semplice da implementare ed offre un discreto livello di isolamento logico dei dati anche se non paragonabile a quello con database separati.

Lo svantaggio principale è la maggior difficoltà, in caso di problemi, nel ripristino dei dati di un cliente. Nel caso dei database separati basta semplicemente ripristinare il database di un dato cliente. In questa implementazione per il ripristinare il database significa riscrivere tutti i dati dei clienti presenti nel database, indipendentemente dal fatto che questi abbiamo problemi o meno.

L'approccio a schemi separati è indicato per le applicazioni con uso ridotto di tabelle, permette di includere in un unico server un numero maggiore di clienti rispetto ai database separati permettendo così di abbassare i costi.

- *Database condiviso, schemi condivisi*

Il database condiviso a schemi condivisi consiste nel memorizzare i dati dei clienti nello stesso database e con lo stesso set di tabelle. Una tabella memorizza record di più clienti identificandoli tramite un id cliente. La tabella presenta un set di campi standard e alcuni campi personalizzabili. Ogni cliente può decidere come utilizzare tali campi.

Avere un database condiviso con schemi condivisi comporta un costo inferiore rispetto agli altri approcci perché permette di supportare un numero di clienti più ampio su un singolo database. Aspetti negativi sono una personalizzazione limitata e la possibile implementazione di funzionalità di protezione aggiuntive per proteggere l'accesso ai dati altrui (sia per errore sia per attacchi informatici). Le operazioni di ripristino dei dati, nel caso si presentassero problemi, sono complesse come nel caso degli schemi separati.

Questo approccio è indicato se si desidera supportare un numero elevato di clienti su un numero di server limitato. Tuttavia la presenza di un numero molto elevato di righe nelle tabelle può ridurre le prestazioni per tutti i clienti inclusi nel database.

5.3 On-Premise vs SaaS

Analizzeremo ora i principali aspetti nell'acquisto di un software ed evidenzieremo le differenze tra l'acquisto di un'applicazione On Premise con una SaaS, effettuando anche un confronto pratico.

5.3.1 Costi

Il fattore costi è sempre un elemento importante nella valutazione di acquisto di un software. Nel caso del software On Premise abbiamo l'investimento iniziale della licenza del software mentre con un software SaaS si paga un canone, che può essere mensile o annuale, per ogni utente. L'assenza di un investimento iniziale e la possibilità di aggiungere o togliere utenti rendono il modello SaaS molto più flessibile.

Nel lungo periodo, come illustrato in figura 5.5, il costo di un prodotto SaaS potrebbe superare il costo di un software in acquisto.

Figure 1: Software application cost of ownership

Cumulative cost of ownership, on-premise software versus on-demand application. Assumes a two year on-demand subscription equals the cost of an on-premise licence plus two years maintenance at 20% per annum.

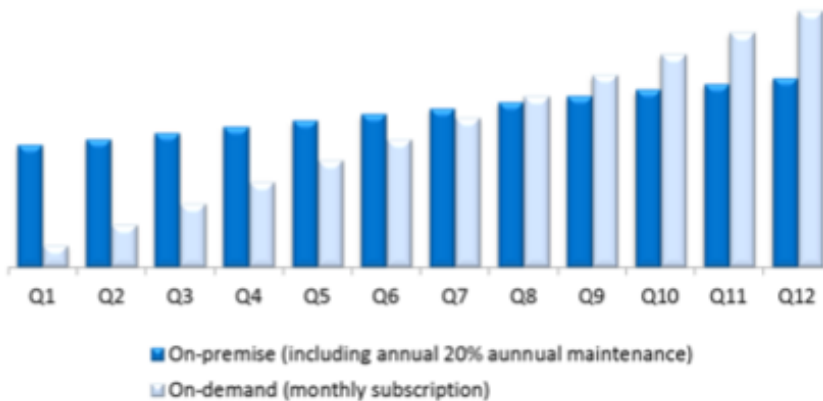


Figura 5.6 Confronto dei costi On-Premise e SaaS delle sole licenze sul lungo periodo

Tuttavia, è un solo confronto sui prezzi di acquisto poiché, mentre nel caso di un software in modalità SaaS i costi sono trasparenti, nel software on-premise non vengono considerati gli *hidden cost*, ovvero le spese nascoste solitamente non incluse nel prezzo di acquisto come la manutenzione, gli upgrade ecc. La mancanza di spese nascoste nel modello SaaS rende semplice il calcolo di previsione dei costi.



Figura 5.7 I costi nascosti del software

Analizziamo ora quali sono questi costi nascosti:

- *Upgrade della licenza*

Nell'acquisto di un software on-premise il costo dell'upgrade è spesso sottovalutato. Nel primo anno solitamente è compreso l'aggiornamento sia alle patch che alle major release. Negli anni successivi l'upgrade alle major release ha un costo. Se l'upgrade non viene fatto per diverse major release, il software potrebbe diventare obsoleto e non è più possibile usufruire dell'assistenza.

Uno dei principali benefici del SaaS è che tutti gli aggiornamenti che vengono effettuati al software sono compresi nel canone di abbonamento.

- *Infrastruttura*

Nel caso dell'On-Premise occorre avere un server per permettere l'installazione. Se questo non è disponibile, bisogna considerare questa spesa aggiuntiva.

Nel caso del SaaS quello di cui si ha bisogno è una semplice connessione ad internet.

- *Implementazione*

L'installazione del software, la sua configurazione e implementazione hanno un costo che può essere anche elevato se questo lavoro è eseguito da terzi. Il SaaS non ha nessun costo di implementazione, è veloce da effettuare, la sua configurazione è relativamente semplice e viene fatta tramite interfaccia web.

- *Manutenzione*

Il software SaaS non ha bisogno di nessun tipo di manutenzione: tutti gli aggiornamenti sono fatti dal fornitore. Diverso è il discorso per il software On-Premise: uno staff deve effettuare tutti gli aggiornamenti e l'installazione di patch, l'eventuale aggiornamento dei vari client ed eseguire il backup.

5.3.2 *Affidabilità*

L'affidabilità di un software On-Premise è garantita dall'architettura dell'infrastruttura IT, a carico e gestita interamente dal cliente. Nel modello SaaS l'affidabilità è fornita dal produttore ed è garantita dallo

SLA. Questa affidabilità solitamente è il 99,9%, superiore a quanto possono garantire la maggior parte delle PMI.

5.3.3 Sicurezza

Anche in questo caso, se il fornitore SaaS è affidabile, lo standard fornito sulla sicurezza dei dati è molto superiore a quanto possono garantire la grande maggioranza delle PMI con la loro infrastruttura IT.

5.3.4 Accesso remoto

Le applicazioni SaaS, trovandosi sul web, permettono l'accesso da remoto o da dispositivi mobili senza problemi. L'accesso remoto ad applicazioni On-Premise deve essere abilitato dallo staff IT portando con sé tutti i problemi legati alla sicurezza.

	On Premise	SaaS
Investimento iniziale	Elevato	Minimo
Stima dei costi	Difficile	Semplice
Aggiornamenti	A pagamento	Compresi
Flessibilità	Discreta	Elevata
Velocità implementazione	Discreta	Elevata
Affidabilità	Dipende dall'infrastruttura	Elevata, garantita dallo SLA (99,9% minimo)

Sicurezza	Dipende dall'infrastruttura	Elevata
Manutenzione / Aggiornamenti	A carico del cliente	Compreso
Accesso Remoto	Dipende dall'infrastruttura	Compreso

Figura 5.8 Caratteristiche SaaS vs On-premise

Ora vediamo all'atto pratico le differenze tra un prodotto On-Premise ed uno distribuito in modalità SaaS per renderci meglio conto delle differenze.

5.4 Microsoft Exchange vs Google Apps

Microsoft Exchange è la soluzione Microsoft per la messaggistica nelle aziende. Include il supporto per email, calendario, contatti e attività.

Richiede un software client, tipicamente Outlook, per connettersi a questi servizi ma può utilizzare anche il web access.

E' un prodotto maturo con un'ampia base installata nelle aziende di tutte le dimensioni.

Google Apps Premier è la soluzione SaaS di Google per la messaggistica e la collaborazione aziendale. I Servizi disponibili sono Gmail, Google Calendar, Google Docs, Google Sites e Google Video.

	Microsoft Exchange	Google Apps Premier
Email	Si	Si
Email Storage	Variabile	25 Gb
Calendario	Si	Si
Contatti	Si	Si
Task	Si	Si
Instant Messaging	Si	Si
Video Chat	No	Si
Collaborative Suite	No	Si
Mobile Support	Si	Incompleto
Prezzo	1500 + 80 euro/utente	40 euro utente/anno

Figura 5.9 Caratteristiche di Exchange e Google Apps a confronto

5.4.1 Investimento iniziale e scalabilità

Microsoft Exchange: Il cliente deve acquistare la licenza ad un costo di 1500 euro. Tale costo comprende cinque CAL (client access license). Per ogni utente aggiuntivo il costo è di circa 80 euro una tantum. Se non si è già in possesso di un server, il cliente deve fare un investimento anche per l'acquisto di hardware, sistema operativo e sistemi di backup. Se gli utenti crescono, si avrà bisogno di nuove licenze CAL ed eventualmente reinvestire per adeguare l'hardware. Se invece il numero degli utenti diminuisce, le risorse rimangono inutilizzate.

Google Apps Premier: il costo è di 40 euro annuali per ogni utente. Non c'è bisogno di comprare o configurare nuovo hardware o sistemi di

backup, tutto è gestito dal data center Google. Se l'azienda cresce può semplicemente aggiungere nuovi utenti, oppure ridurli nel caso di un ridimensionamento.

5.4.2 Manutenzione e upgrade

Microsoft Exchange: il cliente deve gestire gli aggiornamenti per beneficiare della correzione di bug e per poter usufruire delle nuove funzionalità. Queste operazioni richiedono personale IT e di possibili periodi di downtime. Deve provvedere all'installazione e aggiornamento dell'antivirus e alla configurazione di un servizio antispam.

Google Apps Premier: oltre al costo annuale dell'abbonamento non ci sono costi per la manutenzione. Le nuove funzionalità e correzioni sono aggiunte da Google man mano come sono disponibili, il cliente non deve eseguire nessuna riconfigurazione o aggiornamento. L'antivirus e l'antispam sono gestiti direttamente da google attraverso il famoso servizio Postini. [28]

5.4.3 Uptime

Microsoft Exchange: il cliente è il responsabile nel mantenere il servizio costantemente in funzione. Con l'adozione della virtualizzazione il rischio di downtime a causa di problemi hardware è notevolmente ridotto. La continuità del servizio però dipende anche dalla capacità del cliente di risolvere i problemi di gestione e configurazione che si presentano.

Google Apps Premier: il servizio fornito da Google è regolato dallo SLA che garantisce un uptime del 99,9%. Questo è possibile grazie a più datacenter dislocati in aree geografiche diverse.

5.4.4 Mail

Microsoft Exchange: la capienza delle caselle mail è configurata dal cliente così come la dimensione massima di ogni messaggio. L'utilizzo delle mail avviene attraverso software installati sui client (Outlook, Thunderbird ecc.)

Google Apps Premier: La capienza di ogni casella di posta è di 25 Gb, la dimensione massima di un messaggio è di 25 megabyte. L'utilizzo può avvenire sia tramite interfaccia web sia tramite client di posta installati (Outlook, Thunderbird ecc.).

5.4.5 Calendari, Contatti e Tasks

Microsoft Exchange: Il prodotto Microsoft è ottimo sotto questo aspetto. Consente di utilizzare calendari personali e condivisi, rubriche e gestione dei task. La gestione dei task da svolgere può essere sia personale sia condivisa, permettendo di assegnare gli impegni anche ad altri utenti. Consente la condivisione di file con i colleghi utilizzando il concetto di cartelle condivise.

Google Apps Premier: gestisce calendari personali e condivisi. Gestisce i contatti in diversi gruppi. Tuttavia non è possibile gestire contatti condivisi, al contrario di Exchange, e non è possibile creare campi contatto personalizzati. La gestione dei task è semplice e riguarda solo i task personali.

5.4.6 Productivity and Collaboration

Microsoft Exchange: non include nessuna suite per la produttività, consente solo lo scambio di file attraverso le cartelle condivise. Se si vuole avere una suite completa bisogna affiancare il pacchetto Office.

Google Apps Premier: fornisce una suite completa di produttività e collaborazione. Google Docs è una suite che permette di vedere, editare e collaborare su documenti, fogli di calcolo e presentazioni direttamente dal browser. Permette di importare ed esportare file in formato Microsoft Office, Pdf e anche OpenOffice. Google Sites consente di creare siti intranet per condividere informazioni e progetti senza nessun tipo di conoscenza di programmazione. Google Video rende possibile la condivisione di video in maniera sicura e privata.

5.4.7 Mobile Access

Microsoft Exchange: supporta la sincronizzazione “over the air” per email, calendario, contatti e task su tutti i dispositivi che gestiscono il protocollo Exchange ActiveSync (Windows Mobile, iPhone, Blackberry, alcuni Nokia e i telefoni Android). Il supporto per il Blackberry richiede l'implementazione del BES (Blackberry Enterprise Server). L'accesso dall'esterno deve essere abilitato e configurato dal cliente.

Google Apps Premier: offre un'interfaccia ottimizzata per l'accesso da dispositivi mobili ad email, calendari ecc. Gestisce la sincronizzazione “over the air” di contatti, calendari e mail ma non la gestione dei task. Non bisogna configurare nulla per l'accesso dall'esterno dell'azienda.

5.4.8 Security

Microsoft Exchange: la sicurezza è gestita direttamente dal cliente che si deve preoccupare di configurare in maniera corretta la rete e mantenere costantemente aggiornati i software.

Google Apps: il fattore sicurezza è tutto a carico di Google.

5.4.9 Assistenza al Cliente

Microsoft Exchange: Offre assistenza telefonica 24/7 e tramite email solo all'addetto incaricato. C'è un forum dove si può chiedere aiuto e un'area support dove trovare diversa documentazione.

Google Apps: assistenza telefonica 24/7 solo all'addetto incaricato e solamente per problemi di servizio inutilizzabile (non si riesce ad accedere a Google Apps, non si ricevono mail in ingresso o non si riescono ad inviare). E' possibile utilizzare un forum e un help site dove si trovano molte informazioni e documentazione su come risolvere gli eventuali problemi.

5.4.10 Considerazioni

Quale dei due prodotti sia il migliore dipende esclusivamente dalle necessità aziendali. Microsoft Exchange è il prodotto adatto se si ha necessità di rubriche e di task condivisi, di un'accurata gestione di livelli di accesso e di permessi. Tuttavia ha bisogno di un'infrastruttura IT e di uno staff che lo gestisca.

Google Apps Premier è un prodotto più moderno ed inevitabilmente orientato al web. E' flessibile e con un investimento iniziale nullo. Nel costo contenuto è compresa anche una suite di collaborazione simile a

Office. Le funzionalità inoltre possono essere potenziate attraverso il Google Apps Marketplace[29] che offre, spesso anche in maniera gratuita, prodotti e servizi che si integrano perfettamente con Google Apps.

Google mette a disposizione anche un servizio Google Apps Standard: è un pacchetto con funzionalità ridotte e qualche limitazione ma non ha nessun costo.

6 Conclusioni

In una situazione generale di incertezza e crisi economica le piccole e medie imprese si trovano con un budget ridotto e difficoltà nel pianificare investimenti nell'ambito IT.

Virtualizzazione e Software-as-a-Service sono due tecnologie che possono correre in aiuto nella realizzazione e gestione di una struttura informatica che sia flessibile ed economicamente sostenibile.

Partendo dal presupposto di avere una rete Lan che sia affidabile e performante, la virtualizzazione può semplificare la gestione server aziendale: con la Server Consolidation la manutenzione è semplice ed immediata, senza bisogno di fermi macchina che diminuiscono la produttività. I costi si abbassano per il maggior sfruttamento delle risorse che si traduce in una minore necessità di acquistare hardware. Come abbiamo potuto vedere analizzando le caratteristiche, la virtualizzazione inoltre garantisce la business continuity riducendo, grazie alla facilità di backup e disaster recovery, e talvolta annullando, con l'High Availability e Fault Tolerance, i tempi di ripristino nel caso di guasti o perdita di dati.

Per quello che riguarda il SaaS, questo nuovo modello di distribuzione del software ha permesso anche alle PMI di usufruire di servizi fino ad oggi disponibili solo alle grandi aziende, sia per la gestione dell'infrastruttura sia per una questione di costi. Come emerso dalla comparazione tra i due prodotti (On-Premise vs SaaS), affidandosi all'outsourcing, si eliminano tutti i problemi di gestione che spesso le aziende non sono in grado di affrontare direttamente, concentrandosi più sul servizio che sul modo di avere quel servizio.

Queste tecnologie dunque, possono portare un valore aggiunto alle aziende, diminuendo i costi iniziali e annullando la paura che le aziende possono avere nel compiere un investimento sbagliato.

7 Bibliografia

[1] Bradley Mitchell - CAT5 - CAT5e

<http://compnetworking.about.com/od/ethernet/g/cat5-cables.htm>.

[2] Nagios - The Industry Standard In Open Source Monitoring -

www.nagios.org.

[3] Firewall Appliance -

<http://www.applianceshop.eu/index.php/firewalls.html>

[4] PFSense, Open source Firewall - www.pfsense.org

[5] Snort, open source network intrusion prevention and detection system - www.snort.org.

[6] Squid Proxy - <http://www.squid-cache.org/>.

[7] Gartner - Gartner Says Virtualization to Be Highest-Impact Issue Challenging Infrastructure and Operations Through 2015 -

<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1440213>

[8] VMware - Understanding Full Virtualization, Paravirtualization and Hardware Assist -

http://www.vmware.com/files/pdf/VMware_paravirtualization.pdf

[9] FreeNAS, an open source Nas - www.freenas.org.

[10] Openfiler, Open source Storage appliance software

www.openfiler.com.

[11] W. Curtis Preston - Using SANs and NAS - O'Reilly, USA, 2002

[12] HP StorageWorks, Fibre Channel 8-ports Active Switch

<http://h10010.www1.hp.com/wwpc/it/it/sm/WF06b/12169-304608-3659972-3659972-3659972-3662821-3832302.html>

[13] Achmad Chadran, Gaurav Chawla , Ujjwal Rajbhandari - 10 gigabit ethernet: unifying iscsi and fibre channel in a single network fabric

www.dell.com/downloads/global/power/ps3q09-20090392-chadran.pdf

[14] Vmware, VMWARE VSTORAGE VMFS

<http://www.vmware.com/products/vmfs/features.html>

[15] Microsoft - Virtual Hard Disk Image Format Specification

<http://technet.microsoft.com/en-us/virtualsever/bb676673>

[16] Microsoft Open Specification Promise

<http://www.microsoft.com/interop/osp/default.aspx>

[17] The Linux Logical Volume Manager

<http://www.redhat.com/magazine/009jul05/features/lvm2/>

[18] everRun VM: Add Fault Tolerance to your Citrix XenServer

http://www.marathontechnologies.com/high_availability_xenserver.html

[19] <http://www.tanejagroup.com/>

[20] Rick Vanover - Lab Experiment: Hypervisors

<http://virtualizationreview.com/Articles/2009/03/02/Lab-Experiment-Hypervisors.aspx?Page=1>

[21] Symantec - Le PMI sono poco preparate alla gestione dei disastri -

http://www.symantec.com/it/it/about/news/release/article.jsp?prid=20091009_01

[22] Microsoft - Exchange Server 2007 -

<http://www.microsoft.com/exchange/en-us/exchange-2007-overview.aspx>

[23] Google - Google Apps for Business - <http://www.google.com/a/>

[24] Wintricks - Supporto a windows Xp finirà a breve -

<http://news.wintricks.it/web/patch-prodotti-microsoft/31430/supporto-windows-xp-finira-a-breve/>

[25] Microsoft - Architecture Strategies for Catching the Long Tail

<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa479069.aspx>

[26] ZDNet - Workstream prefers virtualization to multi-tenancy -

<http://blogs.zdnet.com/SAAS/?p=400>

[27] Fred Chong, MSDN Blog - Multi-tenancy and Virtualization

http://blogs.msdn.com/fred_chong/archive/2006/10/23/multi-tenancy-and-virtualization.aspx

[28] Google Postini - <http://www.google.com/postini/>

[29] Google Apps Marketplace –

<http://www.google.com/enterprise/marketplace/>

[30] Sassitaly - <http://www.saasitaly.com/images/IcebergGraphic.jpg>