

Application of virtualization in reducing risk and increasing availability of equipment

Ali Asghar Aghaei^{1*}

Master of software engineering-Khuzestan gas company

Abstract

In the information technology infrastructure of organizations, various hardware devices are used to install software systems. Availability of equipment, reduction of error and cost will be one of the challenges of the network officials. In this article, we will present a virtualization method to solve the problem.

Keywords: Server virtualization, downtime reduction, online migration, availability, disaster recovery

¹ Aghaee@nigc-khgc.ir,+989183649108- ORCID Code: 0000-0002-7745-4508

کاربرد مجازی سازی در کاهش ریسک و افزایش در دسترس پذیری تجهیزات

علی اصغر آقایی^{۱*}

کارشناس ارشد مهندسی نرم افزار- شرکت گاز استان خوزستان

خلاصه

در زیرساخت فناوری اطلاعات سازمان‌ها از تجهیزات متعدد و مختلف سخت‌افزاری جهت استقرار سامانه‌های نرم‌افزاری استفاده می‌شود. در دسترس پذیری تجهیزات، کاهش خطا و هزینه از چالش‌های مسئولین شبکه خواهد بود. در این مقاله به ارائه روش مجازی‌سازی جهت رفع مشکل می‌پردازیم.

کلمات کلیدی: مجازی سازی سرورها، کاهش زمان توقف، مهاجرت برخط، در دسترس پذیری، بازیابی فاجعه

۱- مقدمه

در زیرساخت فناوری اطلاعات و ارتباطات شرکتها، از تجهیزات متعدد و متنوع پردازشی، ارتباطی، ذخیره سازی و ... بمنظور استقرار سامانه های اتوماسیون، نگهداری و تجهیزات، مالی و اداری، خدماتی، پشتیبانی و عملیاتی... استفاده می‌شود. تجهیزات زیرساختی این سامانه ها با توجه به تعدد آنها، تنوع ذینفعان در داخل و خارج سازمان، محدودیت های امنیتی توسط مراجع ذیصلاح به جهت مقابله با حملات سایبری، بعضاً در بستر شبکه های داخلی، صنعتی و گاهاً اینترنت استفاده و تکرار می‌گردد. ممکن است یک نرم افزار هم در شبکه داخلی و هم در اینترنت مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به ایزوله سازی شبکه های مذکور و عدم اتصال آنها به یکدیگر بدلیل جلوگیری از مخاطرات سایبری، هر شبکه تجهیزات ذخیره سازی، ارتباطی و پردازشی خود را دارد. از این رو می‌بایست تعداد قابل توجهی تجهیز توسط مدیران، کارشناسان شبکه و زیرساخت، پشتیبانی و نگهداری گردد. یکی از چالش‌های پیش‌رو برای مدیران و کارشناسان شبکه شرکتها، تعدد دفعات خرابی تجهیزات، به روز بودن نگه داشتن آن و تامین قطعات جایگزین بمنظور حفظ استمرار خدمات به ذینفعان می‌باشد. در ابتدا، تامین سخت‌افزارهای لازم و جایگزین آن سهل‌الوصول است اما با سپری شدن زمان و ارائه تجهیزات جدید و با تکنولوژی روز توسط شرکت‌های سازنده، رفته‌رفته یافتن جایگزین برای قطعات معیوب با دشواری و تحمیل هزینه‌های گزاف همراه می‌شود. این نکته نیز قابل ذکر است که در برخی موارد جایگزین مناسبی برای تجهیزات قدیمی موجود در بازار یافت نمی‌شود و این مسئله قابلیت اطمینان و در دسترس پذیری تجهیزات مذکور را به شدت پایین می‌آورد. از دیگر دغدغه‌های موجود می‌توان به مواردی همچون قطعی سرویس در زمان تعویض و یا مدت زمان اتلاف شده برای یافتن تجهیزات جایگزین اشاره کرد. در این گونه موارد، در زمان رخ دادن خرابی در یک تجهیز، به دلیل نبود تجهیزات آماده به کار جانبی، تا زمان یافتن و تعویض تجهیز معیوب، به اجبار سرویس ارائه شده بر روی سخت افزار مذکور قطع شده و از سرویس دهی باز می‌ماند. این مورد باعث بروز تبعات زیادی اعم از شکایات ذینفعان و بعضاً بروز ازدحام و درگیری در شرکتهای خدمات‌رسان می‌گردد. این اتفاق در شرایطی رخ می‌دهد که تکنولوژی‌های روز دنیا از بروز چنین اتفاقاتی جلوگیری می‌نماید. از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین این تکنولوژی‌ها، مجازی‌سازی سرورها^۲ می‌باشد. در این مقاله بررسی خواهیم کرد که مجازی سازی چگونه باعث کاهش هزینه های عملیاتی^۳، ریسک و افزایش در دسترس پذیری در سازمانها می‌گردد. سپس به مطالعه موردی استفاده از تکنولوژی مجازی سازی در شرکت گاز استان خوزستان خواهیم پرداخت.

۲- مروری بر کارهای گذشته

در رابطه با فناوری مجازی‌سازی، اغلب مطالعات انجام شده به موارد مرتبط با مهندسی اطلاعات مانند مبانی، ساختار، تنظیم، عملکرد و مکانیسم های پشتیبانی مجازی سازی بوده است. این تحقیق جهت شناسایی شاخص‌های موفقیت آمیز انواع تکنولوژی مجازی سازی در

¹ Aghaee@nigc-khgc.ir; +989183649108- ORCID Code: 0000-0002-7745-4508

² Virtualization

³ Operational Expense (OpEx)

مراکز داده برحسب نیاز سازمان ها انجام شده است. علیرغم اهمیت فناوری مجازی سازی برای سازمان ها استفاده از چنین سیستم هایی در داخل کشور با یک عقب ماندگی قابل توجه روبرو است. کارکرد صحیح شبکه و از کارنیفتادن آن، به نوبه خود نقش به سزایی در کاهش هزینه های سازمان دارد. بنابراین مجازی سازی می تواند راهکار بسیار مناسبی باشد (سایت راهکارهای جامع دیتاسنتر، ۱۳۹۴). در دنیای فناوری اطلاعات، پیاده سازی انواع مجازی سازی یک فناوری جوان است و شرکتها روشهای متفاوتی را برای آن پیشنهاد می کنند (سایت شرکت چرخه ارتباط سبز، ۱۳۹۶). این فناوری، کارایی شبکه را افزایش داده و زمان از کارافتادگی سرویس ها را، چه بصورت سخت افزاری و چه نرم افزاری به میزان قابل توجهی کاهش می دهد تا کاربر نهایی هرگز متوجه این اختلال نمی شود (سونتاکه و همکاران، ۲۰۱۶). یکی از دستاوردهای مجازی سازی، مهاجرت است. عمل مهاجرت با اهداف گوناگونی از جمله تعادل بار، نگهداری آنلاین، تحمل خطا، مدیریت انرژی، کاهش زمان پاسخ و نگهداری سرورها در مراکز داده و خوشه های محاسباتی انجام می شود (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۵). این یک شاخص ایمنی است، زیرا اگر یک سرور به هر دلیلی دچار خرابی شود، سرور دیگر که همان برنامه کاربردی را اجرا می کند می تواند جای آن را بگیرد. به این ترتیب وقوع هرگونه وقفه در سرویس به حداقل ممکن می رسد (سایت مجموعه شرکت های مهندسی دانش بنیان رها، ۱۳۹۶). در این تحقیق مطالعاتی، جامعه هدف، مدیران و کارشناسان مجموعه فناوری اطلاعات شرکت رها دانش بنیان و شرکت های تحت پوشش آن بودند که به شناسایی شاخص های موفقیت آمیز انواع فن آوری مجازی سازی در مراکز داده برحسب نیاز سازمان پرداختند (بهرامی، سیدعلی، ۱۳۹۷).

۳- مجازی سازی

مجازی سازی یکی از تکنیک های پایه و مطرح در معماری مراکز داده است. این تکنیک در بخشهای مختلف از قبیل سیستم های پردازشی، سیستم های ذخیره سازی، شبکه های مرکز داده و شبکه های سیستم های ذخیره سازی مورد استفاده قرار می گیرد. مجازی سازی امکان استفاده بهینه از سخت افزار و سهولت در نگهداری و راهبری را فراهم نموده و راندمان منابع موجود را به طرز چشم گیری بالا می برد. در حال حاضر مجازی سازی جزء لاینفک راه اندازی مراکز داده حساس است. این تکنولوژی به ویژه در سیستم های پردازشی در حد وسیعی پیاده سازی شده و مورد استفاده قرار گرفته است. با پیاده سازی مجازی سازی در سیستم های پردازشی، چندین نرم افزار بر روی یک ماشین مجازی^۱ و یا چندین ماشین مجازی حاوی نرم افزارها، را بر روی یک سرور فیزیکی می توان پیاده سازی کرد و هر ماشین مجازی مانند یک سرور واقعی وظیفه اجرای یک یا چند برنامه را به عهده خواهد داشت. یک مرکز داده ساخته شده بر پایه مجازی سازی، به تغییرات سریعتر پاسخ داده و با ایجاد قابلیت انعطاف فنی و اجرایی تاثیرگذاری زیادی در کاهش هزینه ها دارد. محصولات مختلفی که برای تحقق مجازی سازی سیستم های پردازشی ارائه شده اند، منابع سخت افزاری یک سرور شامل واحد پردازشگر مرکزی^۲، واحد حافظه^۳، فضای ذخیره سازی^۴ و کنترلرهای شبکه را تبدیل به منابع مجازی می نمایند. ماشین های مجازی هر یک قابلیت اجرای سیستم عامل و برنامه های کاربردی کاملاً مستقل را مانند یک کامپیوتر واقعی خواهد داشت. وجود یک سیستم عامل بر هر ماشین مجازی، ناسازگاری های بالقوه با سخت افزار را از بین می برد. بیشتر تکنیک های مجازی سازی از طریق افزودن یک لایه نازک نرم افزاری بر روی سخت افزار کامپیوتر و یا یک سیستم عامل میزبان کار می کنند. هر ماشین دارای یک ناظر^۵ ماشین مجازی است که منابع سخت افزاری را به صورت پویا و نامحسوس به نرم افزارها اختصاص می دهد. چندین سیستم عامل بر روی یک کامپیوتر فیزیکی واحد به درستی اجرا می شوند و منابع را بین یکدیگر تقسیم می کنند.

از جمله مزایای این تکنولوژی می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- صرفه جویی در هزینه کرد نگهداری سخت افزارها
- صرفه جویی در مصرف انرژی

¹ Sontakke

² Virual Machine (VM)

³ Central Processing Unit (CPU)

⁴ Random Access Memory (RAM)

⁵ Hard Disk Drive (HDD)

⁶ Hypervisor

⁷ vcenter.ir - تکنولوژی نوین مجازی سازی - راهکارهای جامع دیتاسنتر

- کاهش میزان فضای مصرفی در مراکز داده
- ایجاد فضای اشتراکی و استفاده از تجهیزات برای چندین سرویس
- حذف زمان قطعی سرویس با وجود قابلیت‌هایی از جمله قابلیت اطمینان^۱ و کاهش ریسک
- کاهش وابستگی به سخت‌افزارهای خاص
- سادگی کاربری و نگهداری
- کاهش هزینه‌ها از طریق استفاده بهینه از ظرفیت سخت‌افزارهای موجود.
- کاهش پیچیدگی و هزینه‌های مدیریت و راهبری سیستم.
- ایجاد کارکرد مستمر از طریق پیاده‌سازی سناریوهای بازگشت از بحران^۲ و ارائه دسترسی پذیری بالا
- مشکلات تهیه نسخه پشتیبان اطلاعات بدلیل عدم تمرکز داده‌ها
- هزینه‌های بالای نیروی انسانی مدیریت شبکه

۴- آشنایی با VMware

محصولات مختلفی برای تحقق مجازی‌سازی سیستم‌های پردازشی ارائه شده‌اند. در جدول ذیل به مقایسه فنی برخی از نرم‌افزارهای مجازی سازی موجود در بازار می‌پردازیم.

جدول شماره (۱). مقایسه فنی نرم‌افزارهای مجازی سازی موجود در بازار

VMWARE	OPENVZ	KVM	XEN	نام ویژگی
دارد	دارد	دارد	دارد	نصب اتوماتیک سیستم عامل
دارد	دارد	دارد	دارد	فضای دیسک رزور شده در زمان ایجاد
دارد	ندارد	دارد	دارد	مجازی سازی کامل
دارد	دارد	دارد	محدود	پشتیبانی از IPSET و IPTABLES
دارد	دارد	دارد	ندارد	مدرن / شخصی سازی کرنل
دارد	ندارد	ندارد	ندارد	هزینه لایسنس برای سرویس دهنده
دارد	دارد	دارد	ندارد	حریم خصوصی CONTAINER
دارد	دارد	دارد	ندارد	رم رزرو شده زمان ایجاد سرور

با مقایسه امکانات موجود در سیستم‌های مجازی سازی و به منظور استفاده بهینه از تجهیزات سخت‌افزاری و همچنین صرفه‌جویی در مصرف انرژی، پیشنهاد می‌شود از قوی‌ترین تکنولوژی دنیا که امروز در دست شرکت VMware می‌باشد استفاده نمود^۳. انتخاب این محصول علاوه بر معیارهای متنوع فنی، به دلیل میزان محبوبیت آن در استقرار دیتاسنترهای داخلی و تعدد متخصصین داخل کشور در پشتیبانی محصول نیز می‌باشد. این شرکت نرم‌افزار ESXi که پایه آن بر روی لینوکس بوده و می‌توان بر روی آن سیستم‌عامل‌های متفاوتی به صورت مجازی راه‌اندازی کرد ارائه کرده است. در متن این سند به توضیحاتی در مورد مزایای این تکنولوژی اشاره شده است. با این تکنولوژی می‌توان از سرورها و سخت‌افزارهای آنها بیشترین بهره و بالاترین کارایی را برد. در کل ساختار به این شکل است

¹ High Availability

² Disaster Recovery

³ <https://www.peerspot.com/categories/server-virtualization-software>

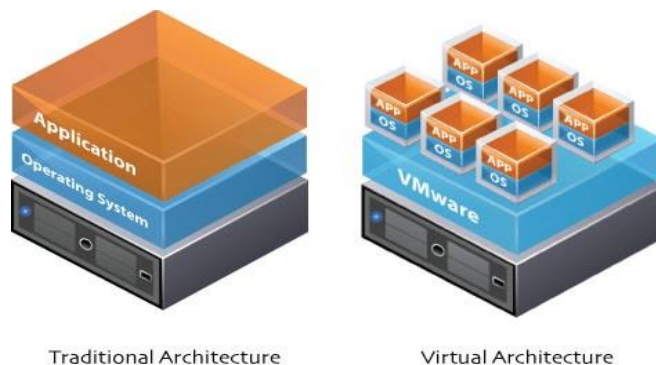
که بر روی هر سرور نسبت به منابع موجود مانند HDD، CPU، RAM و دیگر مسائل مهم، بیش از یک سیستم عامل نصب می شود و از هر سخت افزار سرور برای بیش از چند سرویس و سرور استفاده می گردد که برخلاف تصور این سیستم در محیط های حرفه ای و بزرگ از کارایی بسیار بالاتری برخوردار است. یکی دیگر از مهمترین عوامل مفید در مجازی سازی، صرفه جویی در هزینه تعداد فیزیکی سرورها، تعداد رک ها، سیستم های خنک کننده، مکان نگهداری سرورها و دیگر تجهیزات شبکه می باشد که از نظر ارگانها و سازمانها بسیار حائز اهمیت است.

۵- معماری و اهم سرویس های مورد استفاده در سیستم مجازی

در این بخش به مهمترین قسمتها و قابلیت های مجازی سازی مبتنی بر VMware می پردازیم:

۵-۱- VMware ESX

لایه مجازی مطمئن و پر سرعت برای محیط های عملیاتی^۱ که می تواند منابع پردازشی را بین ماشین های مجازی به اشتراک بگذارد و با ارتباط مستقیم با سخت افزار بدون نیاز به نصب روی سیستم عامل مجزا^۲ از سربار سیستم های مشابه کم کرده و تمام منابع را به ماشین های لایه بالای خود اختصاص دهد. در حالت عادی هر سرور فیزیکی شامل یک سیستم عامل و یک یا چند نرم افزار سرویس دهنده به کاربران است.



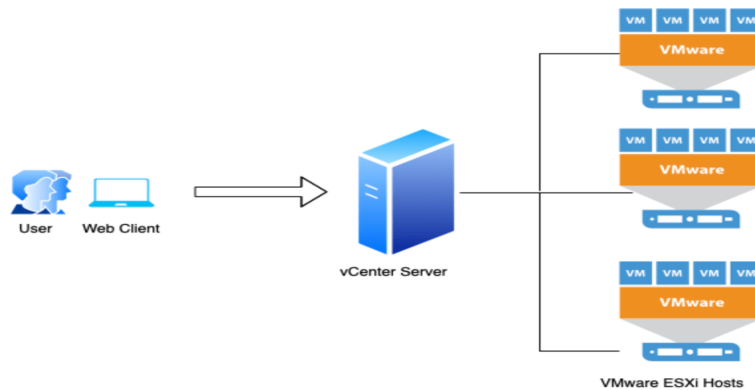
شکل (۱). مقایسه استقرار نرم افزار و سرویس ها بر روی یک سرور مجازی و یک سرور فیزیکی

۵-۲- VCenter Server

وظیفه مدیریت محیط مجازی و منابع را انجام می دهد. همان طور که در شکل زیر دیده می شود مدیریت تخصیص ماشین های مجازی به سرورها و بالعکس را مطابق سیاست گذاری سازمان انجام می دهد. در صورت بروز هرگونه مشکل در برقراری ارتباط با سرور، مثلاً قطع شبکه سرورها مطابق آخرین تنظیم به کار خود ادامه می دهند تا هنگامی که VCenter مجدداً قابل دسترسی گردد. کارشناس شبکه و زیرساخت می تواند از طریق وب، سرور ها و ماشین های مجازی را مدیریت نماید.

¹ Production

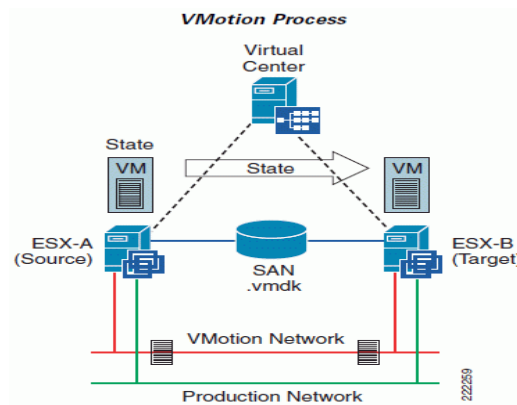
² Bare Metal



شکل (۲). شمای اتصال سرور مجازی مدیریتی برای پایش و کنترل منابع سرورها و ماشین های مجازی سازمان

VMotion-۳-۵

یکی از بزرگترین قابلیت های این سیستم قابلیت VMotion است که درنوع خود بسیار خاص می باشد. هنگامی که با نسخه جدید این محصول چند سرور فیزیکی^۱ را در یک گروه (خوشه)^۲ مجازی قرار دهید، میتوانید از این قابلیت استفاده کنید، به گونه ای که اگر یک ماشین مجازی یا سیستم عامل میهمان^۳ بر روی یک سرور فیزیکی در حال کار باشد، بی آنکه خاموش شود و یا کاربران متصل به آن قطع شوند، به سرور فیزیکی دیگری منتقل شود. این قابلیت درحالی کار خواهد کرد که هر دو و یا چند سرور فیزیکی به یک منبع مشترک^۴ اطلاعاتی متصل باشند.



شکل (۳). نمای انتقال ماشین مجازی از یک سرور فیزیکی (ESX-A) به سرور فیزیکی دیگر (ESX-B) بر روی بستر مجازی بمنظور کنترل سربار

HA/FT^۵-۴-۵

یکی دیگر از قابلیت های بسیار مهم این سیستم که در نوع خود کاملاً منحصر به فرد است، قابلیت افزایش در دسترس پذیری یا کاهش خطا نام دارد، این ویژگی در هر لحظه سیستم عامل میزبان را پایش می کند و اگر تشخیص دهد که سخت افزار سرور دچار مشکل شده است، آنرا مجدداً راه اندازی کرده و یا جای آنرا بر روی سرور فیزیکی دیگر تغییر می دهد. با این قابلیت پایداری و دسترس پذیری سرورها

¹ Host

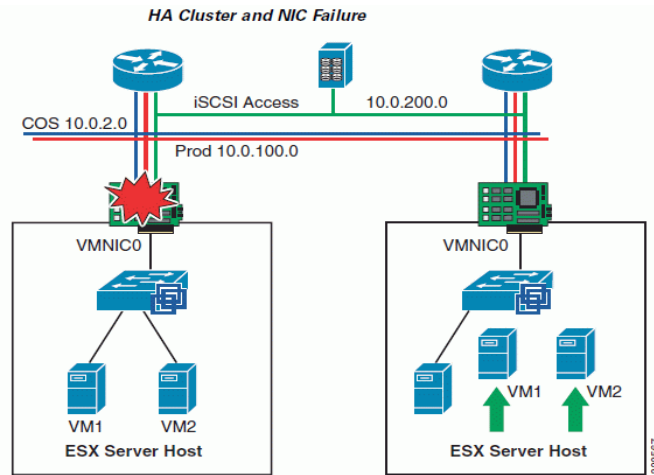
² Cluster

³ Guest

⁴ Datastore(SAN)

⁵ High Availability (HA) And Fault Tolerance (FT)

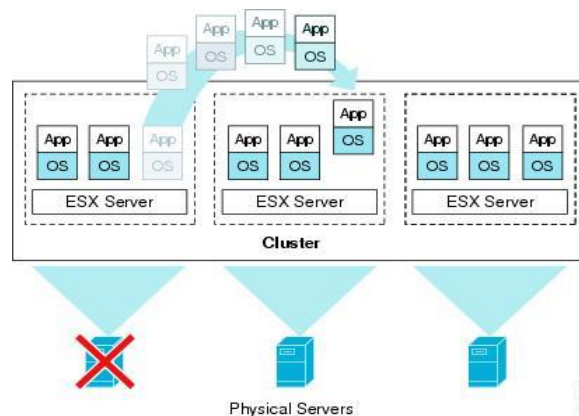
به نحو قابل توجهی افزایش می یابد و سرورهای مجازی بدون توجه به در دسترس بودن یک یا چند سرور همیشه به سرویس دهی پرداخته و حتی در صورت سوختن یک یا چند سرور فیزیکی، خللی در سرویس دهی سایر سرورها بروز نخواهد کرد.



شکل (۴). انتقال ماشین های مجازی دارای یک یا چند نرم افزار به سرور فیزیکی دیگر با استفاده از قابلیت HA/FT بمحض خرابی یک سرور

۵-۵-DRS/DPM

DRS/DPM یکی از قابلیت هایی دیگر مجازی سازی است، یکی از وظایف این سرویس مدیریت مصرف انرژی است. اگر میزان بار سرورهای مجازی ها به اندازه ای باشد که یک سرور فیزیکی یا میزبان بتواند آن را مدیریت کند، سیستم DRS تشخیص می دهد و با استفاده از عملیات جابجایی یا VMotion سیستم عامل های مجازی را بر روی یک سرور فیزیکی برده و دیگر سرورهای فیزیکی اضافی را جهت صرفه جویی در مصرف برق در وضعیت در حال کار^۲ قرار می دهد. از دیگر عوامل مهم، تقسیم میزان بار است. اگر DRS تشخیص دهد که میزان بار به اندازه ای رسیده است که سرور فیزیکی مورد نظر جوابگوی آن نیست، سرورهای مجازی را میان تمامی سرورهای فیزیکی با استفاده از VMotion تقسیم می کند و یک توازن بار^۳ وجود آورد، این امر باعث می شود که منابع سرورهای فیزیکی هیچگاه به حد قرمز و مرزی خودنیز، نزدیک هم نشوند.



شکل (۵). انتقال ماشین های مجازی، بر روی یک سرور فیزیکی دیگر، بمنظور کنترل بار یا مدیریت انرژی با قابلیت HA/FT

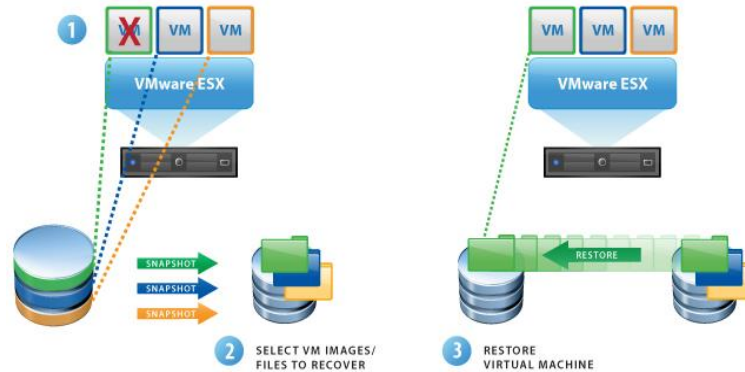
¹ Distributed Resource Scheduler and Distributed Power Management

² Stand by

³ Load Balance

Data Recovery-۶-۵

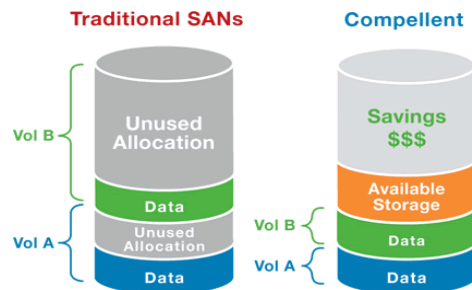
یکی دیگر از امکاناتی که در سیستم مجازی وجود دارد، تهیه Snapshot از هر سیستم عامل میزبان می باشد، این سیستم به گونه ای عمل می کند که می توان از سیستم عامل ها در هنگام کار یک نسخه پشتیبان تهیه کرد و هرگاه سرور دچار مشکل شد آن را به لحظه تهیه Snapshot بازگرداند. یکی دیگر از موارد کاربرد این امکان، این است که هرگاه می خواهیم تغییری در سیستم عامل سرور مجازی ایجاد کنیم که ممکن است باعث عدم کارکرد صحیح سرور، حتی در اثر تغییرات نرم افزاری گردد، ابتدا از سرور یک Snapshot تهیه کرده و بعد از ایجاد تغییرات در صورت بروز خطا یا تمایل به بازگشت به حالت اولیه، نسبت به بازگرداندن به Snapshot قبلی اقدام نموده و سرور بلادرنگ به حالت قبل باز می گردد.



شکل (۶). تهیه Snapshot از ماشین مجازی مجهز به نرم افزار، انجام عملیات (۲) و در صورت لزوم بازگشت به مرحله قبل از انجام عملیات (۳)

VStorage¹ VMFS-۷-۵

یک فایل سیستم خوشه ای می باشد که پیچیدگی ذخیره سازها را از دید برنامه های کاربردی پنهان می کند و قابلیت ارتقا و اتصال چند منبع ذخیره سازی فیزیکی را فراهم می کند و این یکپارچگی منبع ذخیره سازی، برای مدیریت آن از طریق DRS بهترین امتیاز خواهد بود. سیستم پارتیشن بندی VMFS امکان اشتراک مؤثر و کنترل همزمان دسترسی به ذخیره ساز را از طریق سرورهای مجازی فراهم می کند و باعث اضافه شدن یک لایه مدیریتی قبل از اتصال به ماشین مجازی می گردد. این قابلیت خرید سیستم های ذخیره ساز جدید را تا هنگام نیاز واقعی به تعویق انداخته و تا ۵۰٪ هزینه های ذخیره سازی را کاهش می دهد. کنترل حجم واقعی فضای اشغال شده توسط هاردهای ماشین های مجازی به عهده VStorage بوده و مستقل از ماشین مجازی عمل می کند، که این نکته در تکنیک های مشابه فقط توسط سیستم عامل ماشین ها قابل کنترل بود و در صورت در اختیار گرفتن تمام فضا توسط سیستم عامل میهمان، این تکنیک بی استفاده می ماند.

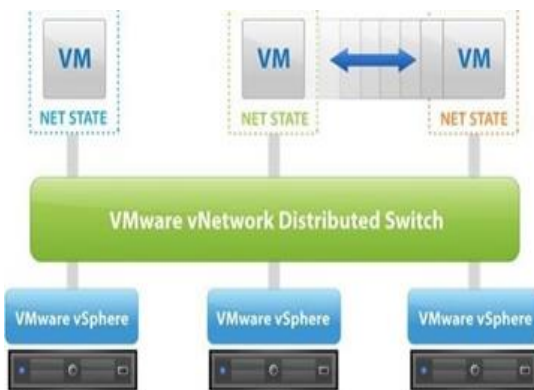


شکل (۷). مرتب سازی اطلاعات استفاده شده و فضای قابل دسترسی بمنظور ذخیره سازی اطلاعات توسط VStorage بمنظور کاهش هزینه های ذخیره سازی اطلاعات

¹ Virtual Machine File System

۵-۸- Network Distributed Switch

این قابلیت مدیریت شبکه سازی ماشین های مجازی را ساده کرده و بهبود می دهد. یک شبکه مجازی^۱ همزمان با ایجاد مرکزیت در تنظیمات مربوط به شبکه، شما را قادر می سازند تا تمام تجهیزات ارتباطی مجازی (سوییچ مجازی)^۲ را در یک سویچ متمرکز جمعیت نمایید. در این صورت تنظیمات تجهیزات ارتباطی فقط یک بار بر روی خوشه تعریف می شود. با این قابلیت انتقال کلیه سیاست امنیتی بصورت متمرکز بر روی کلیه تجهیزات و سرورهای مجازی اعمال می گردد و از دوباره کاری هر تجهیز و اتلاف زمان جلوگیری می شود.



شکل (۸). ایجاد ارتباط متمرکز بصورت مجازی بین سرورها و ماشین های مجازی و اعمال سیاست های امنیتی بصورت متمرکز

۶- مجازی سازی و کاهش هزینه های عملیاتی در سازمانهای متوسط و بزرگ

۱-۶- واقعیت مجازی سازی

بر اساس آمار موسسه معتبر تحقیقاتی EMA^۳ که در این تحقیق از مقالات و مطالعات معتبر آن نیز استفاده شده است، از ۶۰۰ سازمان و شرکت متوسط و بزرگ معتبر که نزدیک به نیمی از آن ها به مدت حداقل یکسال از فناوری مجازی سازی استفاده می نمودند مشخص گردید که مجازی سازی در بیش از هفتاد درصد سازمانها باعث صرفه جویی در هزینه واقعی و قابل اندازه گیری گردیده است^۴. این هزینه ها شامل هزینه های سرمایه ای، ارتقا دارایی، مجوزهای نرم افزاری، هزینه های کارکنان، انرژی و عملیاتی بوده است. کاهش خطای سرویس، رفع مشکلات تا ۲۴ برابر سریعتر، کاهش حداکثر ۴۳ ساعت از کارافتادگی تجهیزات در سال، بهبود زمان کار تا ۹۹.۹۹۹ درصد و کاهش مدت زمان رفع مشکلات، خدمات، عیب یابی و افزایش بهره وری کارکنان و کاهش هزینه های مدیریت سالانه تا هزار دلار به ازای هر سرور، امکان استقرار سریع سیستم تا ۲۴۰ برابر سریعتر و نصب برنامه ها تا ۹۶ برابر و صرفه جویی دستمزد ۲۰۰۰ دلاری به ازای نتایج استقرار سیستم مجازی به ازای هر استقرار بوده است. این در حالی است که استفاده از این تکنولوژی علاوه بر مزیت های شمرده شده باعث صرفه جویی در فضای جانمایی تجهیزات و مصرف برق نیز گردیده است. طبق آمار اعلام شده در تحقیق مورد نظر به طور متوسط ۱۶ درصد^۵ یا حدود ۷۰۰.۰۰۰ هزار دلار در سال برای یک مرکز داده ۵ مگاواتی^۶ صرفه اقتصادی بعمل آمده است. این موسسه به سازمانها توصیه می کند تا از فناوری مجازی سازی استاندارد استفاده نموده و فرآیندهای مدیریتی را بهبود بخشند. مجازی سازی باعث تجمع ۷۳ درصد سرورهای فیزیکی، کاهش ۶۹ درصدی هزینه های سخت افزاری و ۳۴ درصدی هزینه های نرم افزاری بوده است. زمانی که EMA بیش از ۱۵۰ شرکت متوسط تا بزرگ را مورد مطالعه قرارداد، مشخص گردید که ارائه یک سرور به صورت مجازی تا ۲۴۰ برابر سریعتر از یکی سرور سنتی و با فیزیکی بوده است و برنامه ها و سامانه های نرم افزاری را میتوان ۹۶ برابر سریعتر در یک سیستم مجازی اجرا نمود^۷.

^۱ VNetwork

^۲ VSwitch

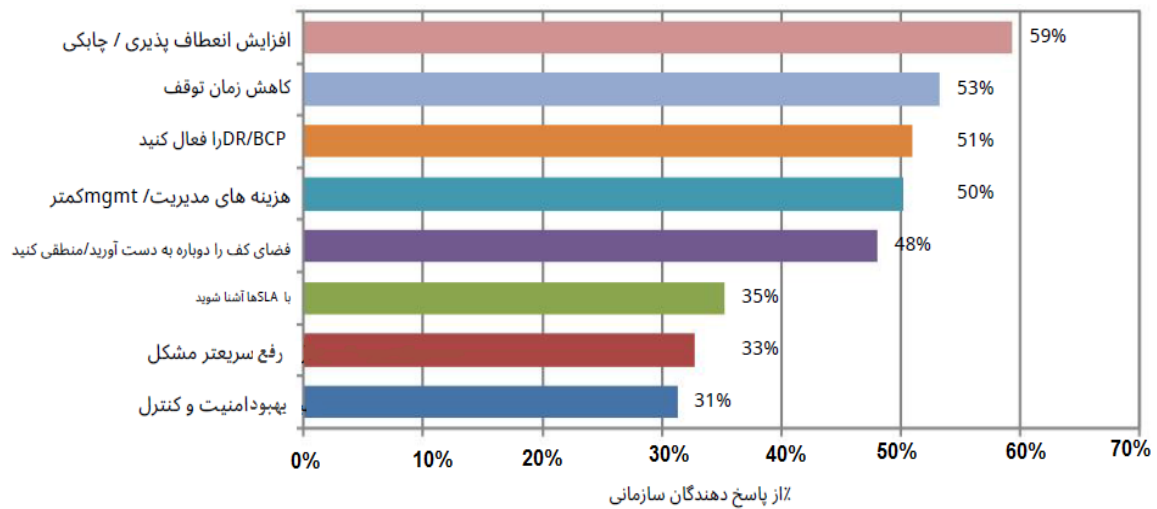
^۳ Enterprise Management Associates (<https://www.enterprisemanagement.com>)

^۴ EMA Research Report, Virtualization and Management: Trends, Forecasts, and Recommendations

^۵ EMA Research Report, The True Value of Green IT

^۶ EMA White Paper, Avoiding the Economic Cliff by Managing the Data Center Floor

^۷ EMA Research Report, Best Practices in Virtual Systems Management (VSM)



شکل (۹). نتایج بررسی مدیران و کارشناسان شبکه شرکت‌های متوسط و بزرگ از اجرای سیستم مجازی سازی

۲-۶- شاخص‌ها (KPI)^۱ کلیدی مجازی سازی در اندازه گیری هزینه های عملیاتی

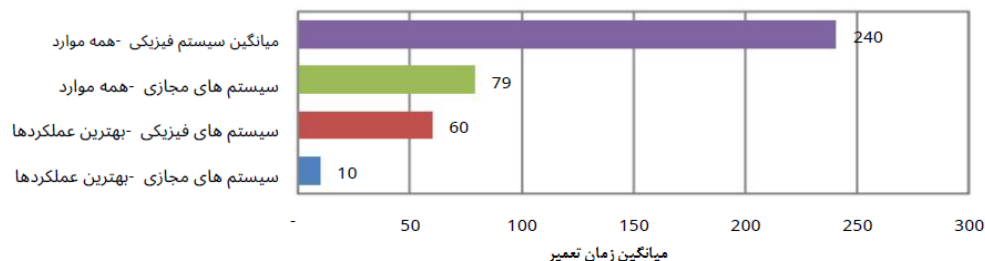
EMA برای اندازه گیری میزان صرفه جویی عملیاتی، تعدادی شاخص عملیاتی خاص پیشنهاد داد. تعدادی از معیارها مرتبط با شاخص های زمان پاسخ دهی برنامه، زمان های خرابی برنامه ریزی شده و نشده و میزان فراوانی نقص های امنیتی می باشد. برخی از معیارها مرتبط با هزینه های حقوقی کارشناسان فناوری اطلاعات (شامل هزینه های اضافه کاری و پشتیبانی خارج از ساعت کاراداری) است یا می تواند مرتبط با هزینه های زمان از دست رفتن یک سرویس یا هزینه های خسارت ناشی از یک خرابی باشد.

۱-۲-۶- میزان فراوانی خرابی سرویس

بر اساس مطالعه این موسسه، میانگین زمان در دسترس پذیری^۲ برای سرورهای مجازی ۹۹.۵ درصد است که این عدد برای محیط‌های فیزیکی ۹۹.۳ درصد می باشد.

۲-۲-۶- میانگین زمان تعمیر (MTTR)^۳

میانگین زمان تعمیر یک اصل اندازه گیری سخت افزار است. این معیار زمان بین وقوع خطا و رفع عیب آن را نشان می دهد. به این ترتیب معیار مناسبی برای پاسخ واحدهای شبکه و عملیات و پشتیبانی به مشکل رخ داده شده به حساب می آید. میانگین زمان تعمیر کمتر، باعث خرابی کمتر می شود و به این معناست که منابع نیروی انسانی و هزینه ای کمتری از کارهای استراتژیک پروژه منحرف می شود تا زمان ارزشمند کارشناسان شبکه و پشتیبانی صرف کارهای مهم و عملیاتی دیگر شود.



شکل (۱۰). میانگین زمان تعمیر در سیستم مجازی در مقایسه با سیستم (سرور) فیزیکی

^۱ Key performance indicator

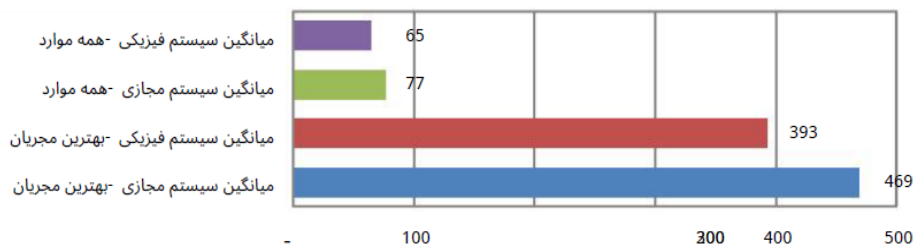
^۲ UpTime

^۳ Mean Time to Repair

بر اساس تحقیقات بعمل آمده سازمان هایی که از مجازی سازی استفاده می کنند، ۷۹ دقیقه کمتر مشکلات را رفع می نمایند در حالی که میانگین زمان تلف شده در محیط های فیزیکی حدود ۲۴۰ دقیقه است. بهترین عملکرد اندازه گیری شده در محیط های مجازی ۱۰ دقیقه و در محیط های فیزیکی ۱۵ تا ۶۰ دقیقه بوده است.

۶-۲-۳- بهبود کارایی مدیران (کارشناسان) شبکه به تعداد سرورها

یعنی نسبت میزان تعداد مدیران یا کارشناسان شبکه به تعداد سرورها، یک معیار کلیدی که مستقیماً منعکس کننده میزان دستمزد، آموزش و سایر هزینه های نیروی انسانی واحد های شبکه و پشتیبانی می باشد. در سیستم مجازی سازی تعداد سرورهایی که مسئول مربوطه می باید پایش و مانیتور کند کاهش چشمگیری می یابد. تحقیقات EMA نشان می دهد که میانگین تعداد نفرات در محیط های مجازی ۱:۷۷ است در حالی که این نسبت در محیط های فیزیکی ۱:۶۵ می باشد. تقریباً ده درصد افزایش بهره وری کارکنان در محیط های مجازی بیشتر می باشد. با مقایسه بهترین عملکردها در سازمانهای پایش شده یک مدیر می تواند در محیط فیزیکی ۳۹۳ سرور را مدیریت نماید، این در حالی است که این عدد در محیط های مجازی ۴۹۶ ماشین مجازی می باشد. میزان حقوق دریافتی برای نگهداری و پایش تجهیزات توسط نیروی انسانی متخصص شبکه، در شرکتهای متوسط و بزرگ خصوصی بسیار چشمگیر خواهد بود.



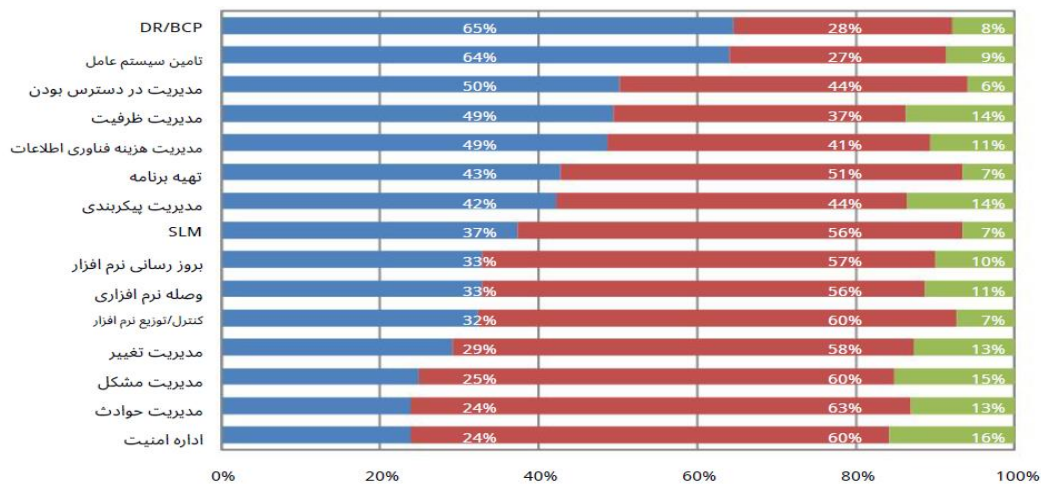
شکل (۱۱). میانگین مدیر (کارشناس) شبکه (نیروی انسانی) به تعداد سرور

۶-۲-۴- استقرار و مهاجرت سریعتر خدمات

یکی از دستاوردهای مجازی سازی کاهش هزینه های عملیاتی در استقرار یا جابجایی نرم افزارها، سرویس ها و ... است. میزان زمان مورد نیاز در استقرار یک ماشین مجازی در یک سرور مجازی، از زمان درخواست تا اتمام عملیات می توانند در کمتر از سی دقیقه باشد. این نرخ ۲۴ برابر سریعتر از زمان مورد نیاز در سرورهای فیزیکی و در بهترین حالت ۲۴۰ برابر سریعتر است. این عدد در میزان زمان مدیران و کارشناسان شبکه و میزان حقوق پرداختی شرکتهای صرفه جویی قابل توجهی را نشان می دهد. در سیستم های مجازی مهاجرت بدون توقف، محقق می گردد و چرخه عمر نرم افزارها سریع تر و ارزان تر است.

۶-۲-۵- سهولت مدیریت

مقدار زیادی از کاهش هزینه های عملیاتی مربوط به سهولت مدیریت و عملکرد می باشد که انحصاراً در سیستم های مجازی وجود دارد. برای مثال میزان پشتیبان گیری از کل سیستم یا بازگشت از نسخه پشتیبان، بسیار سریعتر از روشهای سنتی است. ضمن اینکه امکانات متنوعی که در بخش های قبل به آن اشاره شد تنها در سیستم های مجازی وجود دارد که باعث کاهش میزان ریسک و افزایش در دسترس پذیری سرویس ها در قبل، حین و یا بعد از وقوع شرایط بحرانی و حوادث طبیعی (سیل، زلزله، بلایای طبیعی و...) و غیرطبیعی (ویروس ها، حملات سایبری و...) می باشد. در شکل ذیل کاملاً میزان رضایت مدیران و کارشناسان پس از استفاده از سیستم ها (سرورهای) مجازی نسبت به روش فیزیکی بهبود یافته است.



شکل (۱۲). پاسخ مدیران و کارشناسان شبکه در شرکت‌های متوسط و بزرگ از میزان رضایت و مدیریت سیستم های مجازی در مقایسه با سرورهای فیزیکی و سنتی (آبی:راحت،قرمز: بدون تغییر، سبز: سخت تر)

در جدول ذیل به دستاوردهای بدست آمده پس از اجرای سیستم(سرورهای) مجازی در برخی از شرکت‌های متوسط و بزرگ می پردازیم.

جدول شماره (۲). مقایسه دستاوردهای برخی از سازمانهای متوسط و بزرگ در استفاده از سیستم های مجازی

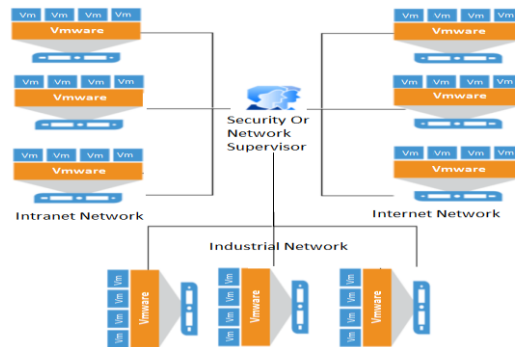
عنوان شرکت یا سازمان	میزان سرور / کارمند / مشتری	دستاوردهای حاصل از مجازی سازی
سازمان ارائه دهنده خدمات انرژی منطقه ای کریس	۶۰ سرور فیزیکی-۴۲ سرور مجازی- ۳۸۰ ماشین مجازی-۱۹۰۰ کارمند-۶۳۰ هزار مشتری	کاهش هزینه های کارکنان سالانه حدود ۱۳۰ هزار دلار
دانشگاه جورج واشنگتن	۵۰۰ سرور فیزیکی-۵۰۰۰ کارمند-۲۵۰۰۰ هزار دانشجو-۲۵۰ سرور مجازی شده	صرفه جویی ۴۰۰ هزار دلار سالانه
شرکت نرم افزاری ATTACHMATE	۶۵ هزار مشتری-۲۵ سرور مجازی- ۴۵۰ ماشین مجازی	تقلیل مدیران شبکه تمام وقت از ۴ به ۲ مدیر

۷- مطالعه موردی در شرکت گاز استان خوزستان

عموماً در شرکت‌های گاز استانی سه شبکه داخلی، اینترنت و صنعتی وجود دارد. براساس مصوبات ابلاغی از مراجع ذیصلاح، با توجه به اهمیت شرکت‌های حوزه انرژی در کشور و به منظور جلوگیری از دسترسی افراد غیرمجاز و مقابله با حملات سایبری، دسترسی ارتباطی بین شبکه‌های مذکور وجود ندارد. از این رو به منظور استمرار خدمات رسانی به ذینفعان، شرکتها مجبور به صرف هزینه های مجزا در خصوص تامین، تجهیز و نگهداشت زیرساخت ارتباطی، پردازشی و ذخیره سازی مختص در هر شبکه می باشند. از طرفی بدلیل محدودیت های اعلام شده امکان استفاده از زیرساخت مبتنی بر، ابر^۱ در شرکت‌های دولتی وجود ندارد یا با محدودیت زیادی همراه است. در صورت استفاده از روش سنتی و استقرار فیزیکی، می بایست به ازای هر سرور یا سامانه که از بستر و سیستم عامل متفاوتی استفاده می نمایند یک سرور فیزیکی تخصیص داده شود. با توجه به تنوع و تعدد سامانه های مورد استفاده جهت پاسخگویی به نیازهای پرسنل داخل سازمان و ذینفعان خارجی (مشترکین گاز، پیمانکاران و...) و همچنین محدودیت در نیروی انسانی متخصص شبکه و امنیت، در صورت استفاده از روشهای سنتی سازمان با چالش های متعددی مواجه خواهد شد.

¹ Infrastructure as a service (IaaS)

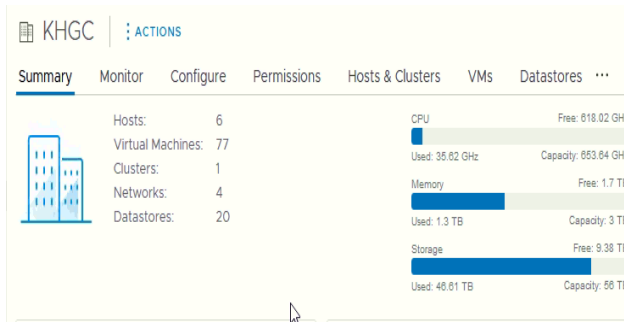
مدیر و کارشناسان واحد شبکه می بایست بصورت روزانه، نسبت به ایجاد ماشین های مجازی براساس نیازهای اعلامی مسئول پشتیبانی سامانه های نرم افزاری، بررسی و ویرایش منابع سخت افزاری، پردازشی و ذخیره سازی تخصیصی به هر ماشین مجازی، مانیتورینگ شاخص های حیاتی تجهیزات مجازی، سرورهای فیزیکی و کنترل سیاست های امنیتی در هر شبکه اقدام نمایند. از این رو وجود یک مرکز مدیریت متمرکز به منظور انجام اقدامات فوق ضروری به نظر می رسد که در روش پیشنهادی وجود دارد.



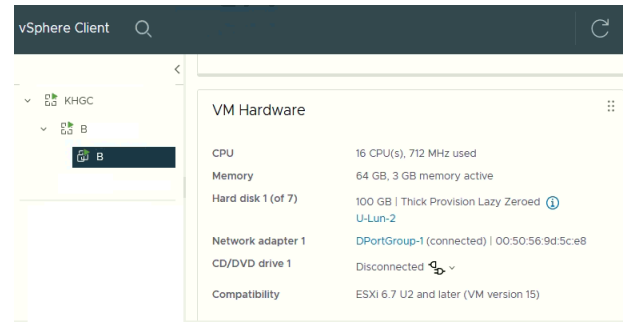
شکل (۱۳). پایش همزمان ماشین های مجازی بر روی سرورهای فیزیکی در شبکه داخلی، اینترنت و صنعتی توسط کارشناس شبکه یا امنیت

در شبکه داخلی شرکت گاز استان خوزستان تعداد ۷۲ عدد سرور مجازی بر روی ۶ عدد سرور فیزیکی و قریب به ۲۰۰۰ کاربر و سیستم کامپیوتری وجود دارد که بصورت سالیانه توسعه قابل توجهی دارد. بیش از ۱۰۰ سامانه متنوع با تکنولوژی های مختلف بر روی سیستم های عامل متنوع و در بستر شبکه مختلف این شرکت در دسترس ذینفعان داخلی و خارجی، پیمانکاران و مشترکین گاز وجود دارد. همچنین تعداد متعددی ماشین مجازی در شبکه اینترنت و صنعتی این شرکت موجود است. تمامی سرورها بر اساس نوع سرویس وسامانه مورد نظر، سیستم عامل، بانک های اطلاعاتی و سرویس های نرم افزاری مختص به خود را دارند. در صورت تخصیص منابع به صورت سنتی می بایست به ازای هر سامانه، که از سیستم عامل یا بستر متفاوت استفاده می کند، یک دستگاه سرور فیزیکی تخصیص می یافت که با محدودیت های توسعه ای فراوانی همراه بود. پشتیبانی سخت افزاری، نصب سیستم عامل و سیستم های نرم افزاری در این صورت بسیار پرچالش و زمان بر بود. اما اکنون به لطف استفاده از این تکنولوژی نصب یک ماشین مجازی به همراه سیستم عامل، بانک اطلاعاتی و نرم افزارهای مورد نیاز آن بر اساس قالب^۱ تعریف شده در زمان کمتر از ۱۰ دقیقه انجام می شود.

¹ VM Template



شکل (۱۵). شمای کلی تعداد سرور های فیزیکی، ماشین های مجازی، فضای ذخیره سازی در یک خوشه



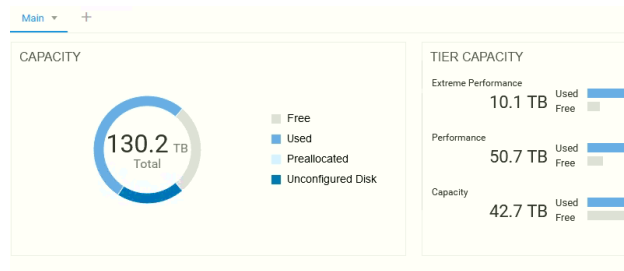
شکل (۱۴). نمایش میزان فضای پردازشی، حافظه و ذخیره سازی به هر ماشین

Name	State	Status	Provisioned Space
AVI	Powered ...	Normal	254.05 GB
B@	Powered ...	Normal	13.14 TB
B@	Powered ...	Normal	5.15 TB
B	Powered ...	Normal	132.09 GB
Her	Powered ...	Normal	116.08 GB
at-DB	Powered ...	Normal	616.08 GB
Mon	Powered ...	Normal	66.09 GB
Cath	Powered ...	Normal	116.09 GB
Cont	Powered ...	Normal	214.09 GB

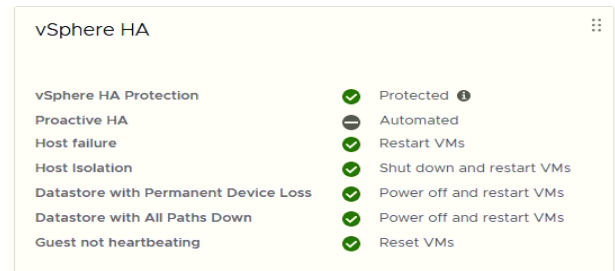
شکل (۱۷). کنترل برخط وضعیت ماشین های مجازی و فضای تخصیص و اشغال شده

Name	Status	Type	Datastore Cluster	Capacity
U-Lun-1	Normal	VMFS 6	KHGC...	4 TB
U-Lun-2	Normal	VMFS 6	KHGC...	4 TB
U-Lun-3	Normal	VMFS 6	KHGC...	4 TB
U-Lun-4	Normal	VMFS 6	KHGC...	4 TB
U-Lun-5	Normal	VMFS 6	KHGC...	4 TB
U-Lun-6	Normal	VMFS 6	KHGC...	4 TB
U-Lun-7	Normal	VMFS 6	KHGC...	4 TB
U-Lun-8	Normal	VMFS 6	KHGC...	4 TB

شکل (۱۶). کنترل برخط میزان فضای تخصیصی از نوع VMFS در هر ماشین مجازی



شکل (۱۹). پایش وضعیت کلی میزان ذخیره سازی تجهیزات ذخیره سازی (فضای آزاد، اشغال شده و پیکربندی نشده و...)



شکل (۱۸). سیاست های امنیتی پیشگیرانه در صورت بروز رخداد سرور فیزیکی و ماشین مجازی و یا قطع شبکه ارتباطی

همچنین با توجه به راه اندازی قابلیت های VMotion و FT/HA در صورت بروز سربار در منابع سخت افزاری هر سرور یا بروز رخداد و عدم دسترس پذیری سرور فیزیکی یا قطعی ارتباطات شبکه، ماشین مجازی مورد نظر بر روی سرور فیزیکی دیگر بصورت خودکار و بدون دخالت کارشناس پشتیبان و قطعی سرویس انجام می پذیرد. این زمان برای انتقال یک ماشین فیزیکی از سرور فیزیکی A به سرور فیزیکی B، در زمان تقریبی ۳۰ ثانیه انجام می پذیرد. این در حالی است که در سیستم های سنتی در صورت بروز رخداد سخت افزاری، سرویس مورد نظر بصورت کامل قطع و تا زمان برطرف کردن رفع خرابی در دسترس نبود. به لطف استفاده از قابلیت VMFS نیز پیچیدگی ذخیره ساز کم شده و امکان اشتراک مؤثر و کنترل همزمان دسترسی به ذخیره ساز از طریق سرورهای مجازی فراهم شده است و باعث صرفه جویی بسیاری در هزینه های ذخیره سازی می گردد. با توجه به اضافه شدن کلیه سرورهای فیزیکی به خوشه اصلی کلیه منابع پردازشی، ذخیره سازی و حافظه ای سرورهای فیزیکی بمنظور ایجاد یا مدیریت ماشین های مجازی موجود در خوشه اصلی در دسترس مدیران، کارشناسان شبکه و مسئولین بخشهای توسعه نرم افزار خواهد بود.

State	Status	Cluster	Consumed CPU %	Consumed Memor...	HA State
Connected	✓ Normal	KHGC	4%	38%	✓ Connected (Sec...
Connected	✓ Normal	KHGC	8%	48%	✓ Connected (Sec...
Connected	✓ Normal	KHGC	14%	44%	✓ Connected (Sec...
Connected	✓ Normal	KHGC	18%	48%	✓ Connected (Sec...
Connected	✓ Normal	KHGC	5%	44%	✓ Connected (Sec...
Connected	✓ Normal	KHGC	6%	34%	Running (Primary)

شکل (۲۰). درصد فضای پردازشی و حافظه سرورهای فیزیکی متصل به خوشه

Available CPU	Available Memory	Available Storage	vSphere DRS	vSphere HA
591.43 GHz	1,741.46 GB	9,606.51 GB	Enabled	Enabled

شکل (۲۱). فعال سازی DRS و HA و میزان کل فضای قابل دسترس در کل سرورهای فیزیکی

Task Name	Target	Status	Details	Initiator	Queued For	Start Time	Completion Time	Server
Relocate virtual machine	KSKY2	22%	Migrating Virtual Machine ac...	VSPHERE.LOCAL\Administrator	7 ms	01/10/2023, 8:33:06 A...		VCSA.khgc.com
Recent Tasks								
Task Name	Target	Status	Details	Initiator	Queued For	Start Time	Completion Time	Server
Relocate virtual machine	KSKY2	Completed	Migrating Virtual Machine ac...	VSPHERE.LOCAL\Administrator	7 ms	01/10/2023, 8:33:06 AM	01/10/2023, 8:33:37 AM	VCSA.khgc.com

شکل (۲۲). زمان جابجایی یک ماشین مجازی از سرور فیزیکی A به سرور فیزیکی B

با توجه به زیرساخت مجازی ایجاد شده کاهش زمان محسوسی در مدیریت، کنترل و پایش منابع سخت افزاری در هر سه شبکه داخلی، صنعتی و اینترنت انجام شده است. این در حالی است که قابلیت، باعث هم افزایی و اشتراک کلیه منابع تجهیزاتی سرورها بمنظور سرویس به ماشین های مجازی مستقر بر روی آن شده است و از طرفی امکان پایش متمرکز و اخذ گزارشهای متنوع از شاخص های کلیدی سخت افزاری در سرورهای فیزیکی و ماشین های مجازی به صورت برخط وجود ندارد.

۹- نتیجه گیری

با توجه به بررسی های مذکور، دیگر شکی نیست که مجازی سازی باعث کاهش هزینه های عملیاتی، کاهش خطا، افزایش در دسترس پذیری، کاهش زمان قطعی نرم افزارها و سرویس ها و در نتیجه افزایش رضایت ذینفعان در سازمانها می گردد. مجازی سازی تقریباً هر جنبه ای از نحوه مدیریت سیستم ها، ذخیره سازی و شبکه ها را تغییر می دهد. امنیت سیستم عامل ها و برنامه های کاربردی را تضمین می کند و در هزینه های اداری، حقوقی و نیروی انسانی بهبود می بخشد. در مدیریت انرژی تجهیزات موثر بوده و در کاهش میزان فضای مصرفی مراکز داده نقش به سزایی دارد. استفاده حداکثری از منابع سخت افزاری سرورها، کاهش زمان جابجایی سرورهای مجازی از یک میزبان فیزیکی به میزبان دیگر بدون قطعی سرویس، به منظور بررسی و رفع عیب و کاهش منابع سخت افزاری از و هم افزایی و اشتراک کلیه منابع فیزیکی جهت سرویس به ماشین های مجازی از دستاوردهای دیگر مجازی به شمار می آید. همچنین امکان بازگشت اطلاعات حیاتی سازمان از طریق فناوری های مورد استفاده در سیستم مجازی در کمترین زمان ممکن در حین یا بعد از وقوع فاجعه های طبیعی و غیر طبیعی وجود خواهد داشت. در این مقاله ضمن مقایسه نرم افزارهای مجازی سازی موجود در بازار، به بررسی نرم افزار مجازی سازی VMware و برخی از مهمترین امکانات این سیستم در کاهش میزان ریسک و افزایش در دسترس پذیری زیرساخت و سامانه های نرم

افزاری پرداختیم، سپس مزیت های ایجاد شده اجرای سیستم مجازی سازی، در برخی از سازمانهای متوسط و بزرگ در کاهش هزینه های عملیاتی را برشمردیم و در پایان به مطالعه موردی استقرار سیستم مجازی سازی در شرکت گاز استان خوزستان اشاره شد. بمنظور پژوهش های آتی می توان به مطالعه کاهش هزینه های عملیاتی اجرای زیرساخت، سرویس^۱ و نرم افزار^۲ در سازمانها در بستر شبکه های ابری^۳ یا استفاده از تکنولوژی SDN^۴ یا استفاده از نرم افزارهای صفحه نمایش مجازی از راه دور^۵ با قابلیت نصب بر روی کلیه سیستم های سخت افزاری کاربران پرداخت. با استقرار تکنولوژی های بروز در حوزه شبکه و زیرساخت درمی یابیم که چگونه میزان ریسک و هزینه های تعمیراتی و سازمانی کاهش و دسترس پذیری نرم افزارها و سرویس های حیاتی در مقایسه با روش های سنتی افزایش خواهد یافت.

¹ Platform as a service (PaaS)

² Software as a service (SaaS)

³ <https://www.vmware.com/products/workspace-one/saas-app-management.html>

⁴ Software-defined networking

⁵ Remote App Server(RAS):Virtual Desktops to Any Device

فهرست منابع

- سایت راهکارهای جامع دیتاسنتر، تکنولوژی نوین مجازی سازی [Https://Vcenter.ir](https://Vcenter.ir)
- سایت شرکت چرخه ارتباط سبز، گروه آموزشی، راهکارهای مجازی سازی [Http://www.charkkeh.net/virtualization](http://www.charkkeh.net/virtualization)
- سایت مجموعه شرکتهای مهندسی دانش بنیان رها، گروه آموزشی، انواع مجازی سازی [Https://www.rahaco.net](https://www.rahaco.net)
- دهقانی، ه. میرعابدینی، ج. مبارکی، ع. (۱۳۹۵). (بررسی و ارزیابی روشهای مهاجرت ماشینهای مجازی در رایانش ابری، اولین کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین تحقیقی در مهندسی برق و کامپیوتر، تهران، کنفدراسیون بین المللی مخترعان جهان.
- شاه بهرامی، ع. (۱۳۹۷). شناسایی پارامترهای موفقیت آمیز پیاده سازی انواع فناوری های مجازی سازی در مراکز داده سازمان ها.
- Sontakke, V., Patil, P., Waghmare, S., Kulkarni, R., Patil, N. S., Saravanapriya, M., & Scholar, U. G. (2016). Dynamic Resource Allocation Strategy for Cloud Computing Using Virtual Machine Environment. *International Journal of Engineering Science*, 4804.