دانشگاه تبریز

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گروه مهندسی کامپیوتر

پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی مهندسی کامپیوترگرایش نرم‌افزار

ارایه یک روش کاهش مصرف انرژی با حفظ کارایی در محیط رایانش ابری با استفاده از تجمیع ماشین های مجازی

استاد راهنما

سرکار خانم دکتر لیلی محمد خانلی

استاد مشاور

جناب آقای دکتر سعید پاشازاده

پژوهشگر

امین رحیمی

زمستان ۱۳۹۳

به نام خدا

سپاس گزاری

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به پدر و مادرم که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است.

تمایل دارم که مراتب قدر دانی از استاد راهنمای ارجمندم، دکتر لیلی محمد خانلی و استاد مشاور ارجمندم، دکتر سعید پاشازاده را به جا بیاورم، چرا که مرا در طول انجام این پایان‌نامه مورد لطف و حمایت های بی دریغ خود قرار داده‌اند.

نام خانوادگی: رحیمی **نام:** امین

عنوان پایان‌نامه: تجمیع بهینه ماشین‌های مجازی با حفظ کارایی

استاد راهنما: دکتر لیلی محمد خانلی
استاد مشاور: دکتر سعید پاشازاده

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی کامپیوتر **گرایش:** نرم‌افزار **دانشگاه:** تبریز
دانشکده: برق و کامپیوتر **تاریخ فارغ التحصیلی:** زمستان ۹۳ **تعداد صفحات:** ۶۶

کلید واژه: پردازش ابری، تجمیع ماشین‌های مجازی، کاهش مصرف انرژی

چکیده

در سال‌های اخیر، هزینه‌ی تامین برق مصرفی مراکز داده‌ی ابری به یکی از نگرانی‌های کنونی محاسبات ابری تبدیل شده است. به همین خاطر ارائه روش‌هایی برای کاهش هزینه مصرف در این مراکز داده مورد توجه دانشگاه و صنعت قرار گرفته است. یکی از راهکارهای کاهش مصرف انرژی در سیستم‌های پردازش ابری استفاده از الگوریتم‌های تجمیع ماشین‌های مجازی می‌باشد. این الگوریتم‌ها با مهاجرت دادن ماشین‌های مجازی از سرور-هایی با کارکرد کمتر به سرورهایی با کارکرد بیشتر باعث استفاده بیشتر از منابع موجود و کاهش مصرف انرژی می‌شود. محیط‌های زیرساخت به عنوان سرویس (IaaS)، به کاربران اجازه‌ی اجرای هر نوع نرم‌افزار توسط ماشین‌های مجازی را می‌دهد. با این حال آشکار نیست چگونه این حجم‌های کاری بر روی کارایی یکدیگر تاثیر می‌گذارند. این تاثیرات می‌تواند در اثر وابستگی داده، شبکه باشد. حل این مسئله می‌تواند باعث استفاده بهینه‌تر از منابع و کاهش مصرف انرژی شود. برای حل این مسئله در این پایان‌نامه یک روش تجمیع ماشین‌های مجازی ارائه شده است و در نهایت روش پیشنهادی را با الگوریتم PABFD مقایسه شده است. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد الگوریتم پیشنهادی مقدار مصرف انرژی را نسبت به الگوریتم PABFD ۲۶ ٪ کاهش داده است همچنین میزان مهاجرت‌های زنده ۴۴ ٪ کاهش داده شده است. از نظر رعایت نیازمندی‌های سرویس، میزان نقض SLA در الگوریتم پیشنهادی به طور تقریبی ۳۲ ٪ میزان نقض SLA در الگوریتم PABFD می‌باشد.

فهرست مطالب

فصل اول

۱. مقدمه ۱

۱-۱. مقدمه ۲

۱-۲. بیان مسئله ۵

۱-۳. مدیریت ایستای توان ۶

۱-۴. مدیریت پویای توان ۶

۱-۴-۱. سطح سخت‌افزار و سفت‌افزار ۷

۱-۴-۲. سطح سیستم عامل ۷

۱-۴-۳. سطح مجازی سازی ۸

۱-۴-۴. سطح مراکز داده ۹

۱-۵. مفاهیم پردازش ابری ۹

۱-۶. تجمیع پویای ماشین‌های مجازی ۱۰

۱-۷. مدل سیستم ۱۳

۱-۷-۱. معماری پردازشگر چند هسته‌ای ۱۴

۱-۷-۲. مدل توان ۱۴

۱-۷-۳. هزینه‌ی مهاجرت زنده ۱۵

۱-۷-۴. معیار اندازه گیری نقض SLA ۱۶

۱-۷-۵. معیار اندازی گیری عملکرد ۱۷

فصل دوم

۲. مروری بر کارهای پیشین ۱۸

۲-۱. مدیریت انرژی و توان در مراکز داده ابری ۱۹

۲-۱-۱. مدیریت بار برای توان و عملکرد در خوشه‌ها ۱۹
۲-۱-۲. مدیریت انرژی و منابع سرور در مراکز میزبانی ۲۰
۲-۱-۳. خوشه‌های سرورهای انرژی بهینه ۲۱
۲-۱-۴. مدیریت انرژی سرور و هزینه های عملیاتی در مراکز میزبانی ۲۲
۲-۱-۵. تجمیع انرژی بهینه برای پردازش ابری ۲۲
۲-۱-۶. مدیریت هماهنگ توان (VirtualPower) ۲۳
۲-۱-۷. تجمیع توان بوسیله‌ی به اشتراک گذاری ۲۴
۲-۱-۸. pMapper ۲۴
۲-۱-۹. مدیریت حوضچه منابع ۲۵
۲-۱-۱۰. مدیریت مجازی سازی در مراکز داده (vManage) ۲۶
۲-۲. روش‌های اکتشافی تجمیع ماشین‌های مجازی ۲۶
۲-۲-۱. تشخیص سرورهای کم‌کار ۲۷
۲-۲-۲. تشخیص سرریز سرور ۲۷
۲-۲-۳. انتخاب ماشین‌های مجازی ۳۰
۲-۲-۴. جایگذاری ماشین‌های مجازی ۳۱

فصل سوم

۳. الگوریتم جایگذاری ماشین‌های مجازی با توجه به مسیر اولویت بندی شده ۳۴
۳-۱. الگوریتم جایگذاری ماشین‌های مجازی با توجه به مسیر اولویت بندی شده ۳۵
۳-۱-۱. دسته بندی ماشین‌های مجازی با توجه به استفاده آنها از منابع ۳۶
۳-۱-۲. دسته بندی سرورها با توجه به در دسترس بودن منابع ۳۸
۳-۱-۳. ساخت جدول مسیر یابی ۳۹
۳-۱-۴. جایگذاری ماشین‌های مجازی در میزبان‌ها ۳۹

فصل چهارم

۴. ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی ۴۲

۴-۱. آماده سازی شبیه سازی ۴۳

۴-۱-۱. داده‌های حجم‌های کاری ۴۳

۴-۱-۲. شبیه ساز ۴۴

۴-۲. نتایج آزمایش‌ها ۴۵

فصل پنجم

۵. نتیجه گیری و کارهای آتی ۵۹

منابع و مراجع ۶۲

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: مصرف انرژی اجزاء مختلف سیستم ۵

شکل ۱-۲: ساختار سطح بالا از روش‌های مدیریت توان سیستم ۶

شکل ۱-۳: نگاه سطح بالا سیستم مجازی سازی ۱۲

شکل ۱-۴: مدل کلی سیستم ۱۴

شکل ۲-۱: مفلوچارت اگوریتم PABFD.....۳۳

شکل ۴-۱: مصرف انرژی ۵۳

شکل ۴-۲: تعداد سرورهای فعال پس از تجمیع ۵۴

شکل ۴-۳: تعداد مهاجرت‌ها.....۵۴

شکل ۴-۴: واریانس استفاده از پردازشگر.....۵۵

شکل ۴-۵: واریانس استفاده از حافظه.....۵۶

شکل ۴-۶: واریانس استفاده از پهنای باند ۵۶

شکل ۴-۷: نقض SLA.....۵۷

شکل ۴-۸: معیار ESV ۵۸

فهرست جداول

جدول ۱-۱: مصرف میانگین سرورهای مختلف بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ ..... ۴

جدول ۱-۲: میزان توان مصرفی با توجه به بار پردازشگر به وات ۱۵

جدول ۳-۱: معرفی پارامترهای الگوریتم PABFD ۴۱

جدول ۴-۱: تعداد ماشین‌های مجازی در هر روز ۴۴

جدول ۴-۲: مشخصات سرورهای شبیه سازی ۴۵

جدول ۴-۳: مشخصات ماشین‌های مجازی ۴۵

جدول ۴-۴: نتایج در روز ۰۳/۰۳/۲۰۱۱ ..... ۴۶

جدول ۴-۵: نتایج در روز ۰۶/۰۳/۲۰۱۱ ..... ۴۶

جدول ۴-۶: نتایج در روز ۰۹/۰۳/۲۰۱۱ ..... ۴۷

جدول ۴-۷: نتایج در روز ۲۲/۰۳/۲۰۱۱ ..... ۴۸

جدول ۴-۸: نتایج در روز ۲۵/۰۳/۲۰۱۱ ..... ۴۸

جدول ۴-۹: نتایج در روز ۰۳/۰۴/۲۰۱۱ ..... ۴۹

جدول ۴-۱۰: نتایج در روز ۰۹/۰۴/۲۰۱۱ ..... ۵۰

جدول ۴-۱۱: نتایج در روز ۱۱/۰۴/۲۰۱۱ ..... ۵۰

جدول ۴-۱۲: نتایج در روز ۱۲/۰۴/۲۰۱۱ ..... ۵۱

جدول ۴-۱۳ نتایج در روز ۲۰/۰۴/۲۰۱۱ ..... ۵۲

فصل اول - مقدمه

در این فصل ابتدا مقدمه‌ای بر پردازش ابری گفته شده است سپس به بررسی سطح بالای سیستم های انرژی بهینه پرداخته شده است و در هر لایه از سیستم راه‌کارهای کاهش مصرف انرژی، بررسی شده است.

۱-۱. مقدمه

پردازش ابری مدلی برای ایجاد دسترسی راحت و بر حسب نیاز به منابع مشترک رایانشی مانند شبکه‌ها، سرورها، سامانه‌های ذخیره سازی، برنامه‌های کاربردی و خدمات از طریق شبکه می‌باشد. این دسترسی به سرعت، به راحتی و بدون تلاش زیاد از سوی مدیریت سامانه ایجاد می‌شود و به همان طریق نیز از کاربر بازپس ستانده می‌شود [۱]. سرویس‌های رایانش ابری به ۳ شکل کلی نرم‌افزار به عنوان سرویس[1] (SaaS)، بستر به عنوان سرویس[2] (PaaS) و زیرساخت به عنوان سرویس (IaaS) ارایه می‌شوند.

رایانش ابری فضای فناوری اطلاعات و ارتباطات را با فراهم کردن نیازهای رایانشی به میزان مورد نیاز کاربر دگرگون کرده است. سازمان‌ها می‌توانند نیازهای رایانشی خود را با استفاده از فضای رایانش ابری بدون نیاز به ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری و روبرو شدن با هزینه‌ها و چالش‌های نگهداری آن، برطرف کنند. پرکاربرد و مورد نیاز بودن رایانش ابری باعث به وجود آمدن تعداد بسیار زیادی مرکز داده در جهان شده است. تعداد بالای مراکز داده و همچنین توسعه هرروزه این مراکز باعث مصرف بیش از حد انرژی و همچنین تولید گازهای گلخانه‌ای شده است. مصرف انرژی توسط مراکز داده از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ بیش از ۵۶٪ افزایش داشته است و در سال ۲۰۱۰ بین ۱/۱ ٪ تا ۱/۵ ٪ از کل مصرف برق جهان را این مراکز داده مصرف می‌کنند [۲]. همچنین میزان تولید گاز دی اکسید کربن (CO2) توسط بخش فناوری اطلاعات که قسمت زیادی از آن توسط مراکز داده تولید می‌شود نزدیک به ۲٪ تخمین زده می‌شود که نزدیک به میزان تولید گازهای گلخانه‌ای صنعت هوانوردی است [۳]. میزان مصرف

[1] Software as a Service
[2] Platform as a Service

انرژی توسط مراکز داده به سرعت رشد خواهد کرد مگر اینکه راهکارهای کاهش مصرف انرژی در این مراکز به اجرا گذاشته شود [۴].

برای کاهش مصرف انرژی لازم است تا عدم مصرف بهینه انرژی کاهش یابد و در عین حال به کارایی برنامه‌های کاربردی لطمه نخورد. این هدف با بهینه‌سازی در سخت‌افزارها و همچنین با بهینه-سازی در تخصیص منابع و مدیریت نرم افزاری مراکز داده امکان پذیر است.

متوسط بارکاری[1] سرورها معمولا بین ۵٪ تا ۱۵٪ می باشد [۵]. این موضوع باعث اتلاف انرژی بسیار زیادی میشود چرا که یک سرور بدون بار کاری[2] به طور متوسط بیش از ۵۰٪ بیشینه انرژی قابل مصرف را استفاده می‌کند [۶]. این موضوع به این معنی است که تعدادی سرور با بار کاری کم، بیشتر از تعداد کمتری سرور با بار کاری زیاد انرژی مصرف می‌کنند. در عین حال بار کاری پایین به معنی تعداد بیشتر سرورها می‌باشد. یک راه حل برای کاهش انرژی تجمیع پردازش‌ها بر روی تعداد کمتری سرور است. تجمیع پردازش‌ها باعث می‌شود تا رقابت برای منابع سیستم[3] صورت گیرد و این به ناچار باعث کاهش کارایی[4] می‌گردد. برای کاهش این رقابت در پردازش‌های ابری از مجازی سازی منابع[5] استفاده می‌شود. مجازی سازی منابع بر روی سخت افزار مشترک همه انواع رقابت در استفاده از منابع را از بین نمی‌برد. این امر به خصوص در مورد حافظه نهان و پهنای باند حافظه صدق می‌کند. بنابراین با استفاده از مجازی سازی باز هم با کاهش کارایی روبرو خواهیم بود. یک دسته از راه حل‌ها برای کاهش کارایی, اندازه‌گیری کارایی با کنار هم قرار دادن ترکیب‌های مختلف ماشین های مجازی است. در این راهکارها انواع مختلف تجمیع ماشین های مجازی[6] را بر روی سرورها مورد آزمون قرار می‌دهند تا مشخص شود کدام ترکیب با توجه به نوع استفاده از منابع و میزان منابع موجود کارایی بیشتری را دارد [۷، ۸، ۹].

[1] Utilization
[2] Idle
[3] Resource Contention
[4] Performance Degradation
[5] Resource Virtualization
[6] Virtual machine consolidation

بیشترین تمرکز طراحان سیستم‌های کامپیوتری بر روی افزایش کارایی و سرعت این سیستم‌ها می‌باشد. برای رسیدن به این منظور با بهینه کردن طراحی سیستم و افزایش تراکم اجزاء سیستم موفق به افزایش سرعت کلی سیستم شده‌اند. این روند به وسیله قانون مور[1] توضیح داده شده است [۱۰]. اگر چه عملکرد به وات[2] به طور مداوم افزایش یافته است. اما مصرف کلی سیستم‌های کامپیوتری هر ساله با افزایش رو به رو بوده است. مقدار مصرفی سه دسته سرور مختلف از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ در جدول ۱-۱ [۱۱] آمده است.

جدول ۱-۱: مصرف میانگین سرورهای مختلف بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ (W/U) [۱۱]

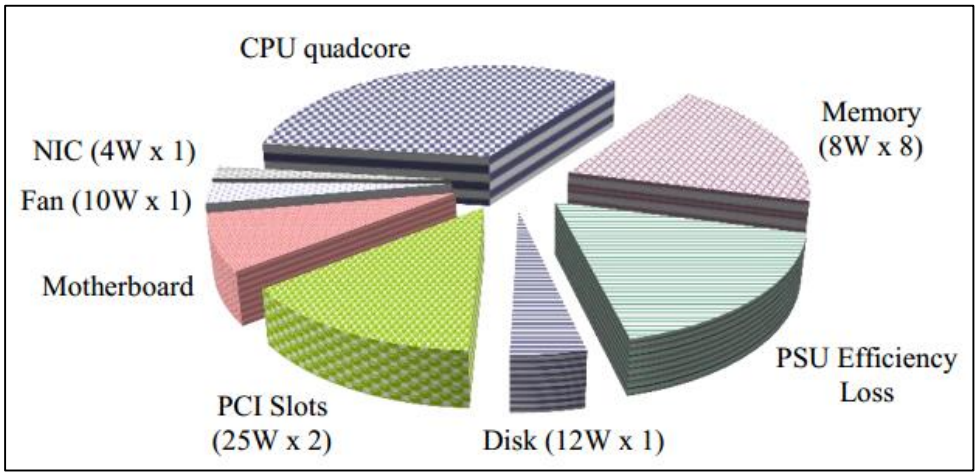
دسته سرور	۲۰۰۰	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶
حجمی	۱۸۶	۱۹۳	۲۰۰	۲۰۰۷	۲۱۳	۲۱۹	۲۲۵
محدوده متوسط	۴۲۴	۴۵۷	۴۹۱	۵۲۴	۵۷۴	۶۲۵	۶۷۵
محدوده بالا	۵۵۳۴	۵۸۳۲	۶۱۳۰	۶۴۲۸	۶۹۷۳	۷۶۵۱	۸۱۶۳

اگر این روند ادامه داشته باشد هزینه انرژی مصرف شده سرور در طول دوران کارکردش از هزینه سخت افزارش بیشتر می شود [۱۲].

[1] Moore’s law
[2] Performance per watt

۱-۲. بیان مسئله

مصرف انرژی تنها بر اساس مقدار بهینه بودن سخت افزار مشخص نمی‌شود. سیستم مدیریت منابع روی زیر ساخت و بهینه بودن نرم افزارهای روی سیستم نیز بر مقدار مصرف انرژی کل سیستم تاثیر می‌گذارد. با توجه به اطلاعات بدست آمده از آزمایشگاه‌های شرکت اینتل[1] [۱۳]، بیشتر انرژی مصرفی توسط پردازشگر[2]مصرف می‌شود. حافظه و بهینه نبودن تغذیه‌کننده توان[3] در مراحل بعدی قرار دارند. در شکل ۱-۱ مصرف انرژی اجزاء مختلف سیستم و تعداد آنها آورده شده است.

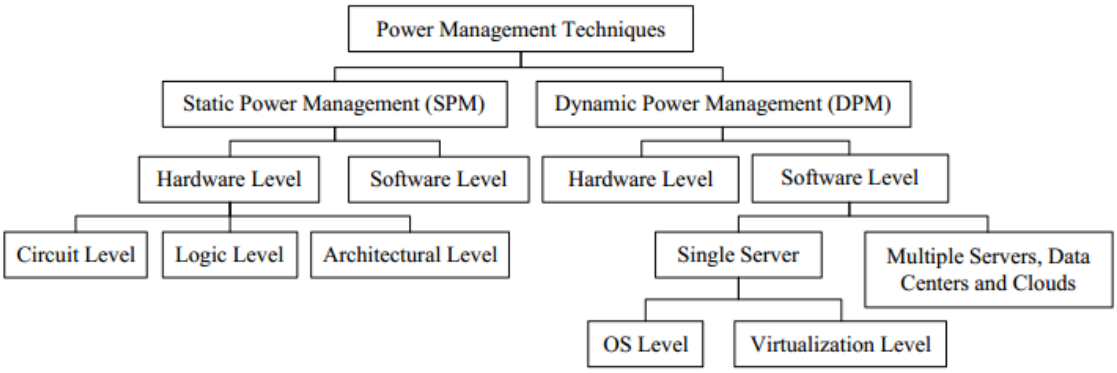


شکل ۱-۱: مصرف انرژی اجزاء مختلف سیستم [۱۳]

مدیریت منابع انرژی بهینه در ابتدا در زمینه موبایل معرفی شد. برای این منظور که موبایل‌ها مدت طولانی تر باتری خود را حفظ کنند. اما با توجه به رشد سریع مراکز داده و روند رو به رشد مصرف انرژی توسط آنها، روش‌هایی که برای موبایل استفاده می‌شد را با اندکی تغییر برای مراکز داده نیز استفاده کردند.

[1] Intel
[2] CPU
[3] Power supply

مدیریت مصرف توان در سطح بالا به دو گروه مدیریت ایستای توان[1] (SPM) و مدیریت پویای توان[2] (DPM) تقسیم می‌شود. تمرکز ما در این بخش بیشتر به بررسی روشهای مدیریت پویای توان می‌باشد. شکل ۱-۲ ساختار سطح بالا از روش‌های مدیریت توان سیستم را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲: ساختار سطح بالا از روش‌های مدیریت توان سیستم [۱۳]

۱-۳. مدیریت ایستای توان

از دید سخت افزار SPM شامل همه بهینه سازی‌هایی که در زمان طراحی، مدار، معماری، منطق و سطح های سیستم انجام می‌شود است [۱۴، ۱۵]. مدیریت ایستای توان، استفاده از سخت افزار بهینه را توصیه می کند مانند پردازشگر، حافظه، دیسک، ابزارهای شبکه، تغذیه کننده‌های توان و دیگر. این ساختار معمولا هم مصرف انرژی و هم حداکثر توان مصرفی را کاهش می‌دهند. مصرف ایستای توان به هدر رفتن توان در طول مدار مربوط می‌شود که معمولا به نوع ترانزیستور مورد استفاده بستگی دارد. کاهش مصرف انرژی ایستا با انجام بهبودهایی بر روی سخت افزار قابل انجام است.

۱-۴. مدیریت پویای توان

روش‌های مدیریت پویای توان، توان سیستم را بر اساس نیازمندی‌های عملکردی و نیازمندی منابع بهینه می‌کنند.

[1] Static Power Management
[2] Dynamic Power Management

این روش‌ها با توجه به میزان حجم کاری بر روی سیستم، وضعیت توان سیستم را با توجه به نیازمندی‌های عملکرد مشخص می‌کنند. روش‌های DPM با توجه به سطحی که در آنجا اجرا می‌شوند متمایز می‌شوند (شکل ۱-۲). در این قسمت به معرفی روش‌های DPM در سطح‌های مختلف می‌پردازیم.

۱-۴-۱. سطح سخت‌افزار و سفت‌افزار[1]

روش‌های DPM در سطح سخت‌افزار و سفت‌افزار به دو گروه تقسیم میشود: غیر فعال کردن پویای اجزا[2] (DCD) و تغییر دادن پویای کارکرد[3] (DPS). DCD به وسیله از کار انداختن ساعت برخی قطعات الکترونیکی اجزاء سیستم یا غیر فعال کردن کامل برخی اجزاء سیستم، توان مصرفی را کاهش می‌دهد. DPS با تغییر پویای اجزا سیستم بر اساس درخواست در آن لحظه مصرف توان و انرژی را کاهش می‌دهد.

۱-۴-۲. سطح سیستم عامل[4]

برای استفاده از روش‌های DPM در سطح سیستم عامل باید موارد مختلفی مورد توجه قرار گیرد:

- انطباق با نرم‌افزار- آیا سیستم به تغییر در سطح نرم افزار نیاز دارد تا از برتری‌های مدیریت توان استفاده کرد؟
- منابع سیستم- آیا سیستم تمرکزش بر بهینه کردن یک منبع است مانند پردازشگر یا چند منبع را بهینه می کند؟
- سیستم مقصد- آیا این روش را بر روی سیستم‌های ناهمگن می‌توان استفاده کرد یا مخصوص سخت افزار خاص یا برای دستگاه‌های موبایل استفاده می‌شود؟
- هدف- آیا سیستم مقدار مصرف توان به انرژی را با توجه به محدودیت‌های کارکرد کاهش می‌دهد یا بودجه‌ی توان را مدیریت می‌کند؟

---

[1] Firmware
[2] Dynamic Component Deactivation
[3] Dynamic Performance Scaling
[4] Operating system

- روش‌های صرفه جویی در توان- روش‌های DPS مانند DVFS[1]، روش‌های DCD و یا غیر فعال کردن منابع سیستم بدون تغییر در وضعیت توان سخت افزار.
- حجم کاری[2]- آیا سیستم برای حجم کاری نرم افزار غیر قابل دیدن است یا تمرکز بر روی نوع خاصی از نرم افزارها می‌باشد مانند نرم افزارها یا سرویس‌های HPC[3]؟

۱-۴-۳. سطح مجازی سازی[4]

مجازی سازی قادر است کارکرد منابع سیستم را افزایش دهد. بنابراین مصرف توان را کاهش می‌دهد. مجازی سازی یک لایه‌ی انتزاعی میان سیستم عامل و سخت افزار ایجاد می‌کند. در مجازی سازی منابع فیزیکی می‌توانند به قسمت‌های منطقی تقسیم شوند که به آن ها ماشین‌های مجازی گفته می‌شود.

مجازی سازی اجازه می‌دهد که بتوان روی یک سرور چندین ماشین مجازی ایجاد کرد. بنابراین تعداد سخت افزارهای مورد استفاده را کاهش می‌دهد و کارکرد منابع سیستم را بهبود می‌بخشد. استفاده از مجازی سازی میزان خطا را کمتر کرده و کارکرد را بالا برده، انزوای میان نرم افزارها روی یک سرور این اجازه را می‌دهد که به صورت زنده یا برون خطی ماشین‌های مجازی را از میزبانی به میزبان دیگر انتقال داد. این قابلیت این اجازه را می‌دهد که روش‌های تجمیع ماشین‌های مجازی برای مصرف بهینه انرژی در سطح مراکز داده اجرا شود.

[1] Dynamic Voltage and Frequency Scaling
[2] Workload
[3] High Performance Computing
[4] Virtualization

۱-۴-۴. سطح مراکز داده

اگر چه DVFS یک راه بهینه برای مدیریت مصرف توان پردازشگر است اما حتی اگر سرور کاملاً در حالت غیر فعال باشد ۷۰ درصد مصرف بیشینه توان را مصرف می‌کند. این شرایط باعث می‌شود که راه حل‌هایی در سطح مراکز داده ایجاد گردد که هدف آنها تجمیع حجم‌های کاری برای اینکه سرورهای کمتری فعال باشند و سرورهای غیر فعال را به حالت خواب درآوریم باشد. بنابراین این روش کارکرد منابع را بالا می‌برد و مصرف توان و انرژی را کاهش می‌دهد. یکی از مشکلات تجمیع حجم‌های کاری کاهش عملکرد نرم افزارها می‌باشد. بنابراین تجمیع حجم‌های کاری با نیازهای کیفیت سرویس[1] (QoS) محدود می‌شود.

در قسمت‌های بعدی به بررسی بیشتر بهینه سازی توان و انرژی در سطح مراکز داده‌ی ابری می‌پردازیم.

۱-۵. مفاهیم پردازش ابری

یک سازمان منابع پردازش خود را تهیه می‌کند پس با نگهداری و ارتقاء سخت‌افزارها و نرم-افزارهای آن مواجه می‌شود که باعث هزینه‌ی بیشتری می‌شود. با ظهور عصر پردازش ابری [۱۶] با استفاده از مجازی سازی این امکان را فراهم می‌شود که اختصاص منابع براساس میزان درخواست صورت گیرد بنابراین سازمان‌ها می‌توانند بر اساس نیاز، کمیت‌های پردازشی خود را تهیه کنند و ضرورت نگهداری زیرساخت‌های پردازشی از بین می‌رود.

پردازش ابری ذاتاً با خصوصیات زیر باعث مصرف بهینه‌تر انرژی می‌شود :

- مقیاس اقتصادی و از بین بردن فراوانی.
- بالا بردن میزان استفاده از منابع.

[1] Quality of service

- عدم وابستگی به مکان- ماشین‌های مجازی می‌توانند به جایی که انرژی ارزان‌تر است انتقال پیدا کنند.
- استفاده از منابع با توجه به مقدار درخواست از منابع.
- مدیریت بهینه منابع به وسیله‌ی فراهم آورنده‌های ابری[1] برای رسیدن به سود حداکثر.

یکی از نیازمندی‌های مهم پردازش ابری فراهم کردن کیفیت سرویس قابل اعتماد است که می‌شود به اصطلاح به آنها SLA[2] گفت. کیفیت سرویس را میتوان با سه شاخصه حداقل توان عملیاتی، حداکثر زمان پاسخ[3] و تاخیر اعمال شده توسط سیستم تعریف کرد. اگر چه تکنولوژی جدید مجازی سازی باعث انزوای میان ماشین‌های مجازی می‌شود اما تجمیع زیاد و متفاوت بودن حجم‌های کاری باعث کاهش عملکرد نرم‌افزار می‌شود که این باعث افزایش زمان پاسخ، وقفه ها و تعداد خطاها[4] می‌شود بنابراین فراهم آورنده‌های سیستم‌های پردازش ابری باید برای تقابل انرژی و عملکرد راه‌حل‌هایی بیاندیشند.

یکی دیگر از مشکلات نرم افزارهای ابری انتقال مجموعه‌های داده‌های بزرگ میان زیر ساخت و استفاده کننده می‌باشد. بنابراین حتماً باید جنبه‌های شبکه و محاسباتی مصرف بهینه انرژی را در نظر گرفت. مصرف انرژی در ابعاد بالا نگرانی‌های دیگری نیز مانند گازهای گلخانه‌ای دارد.

۱-۶. تجمیع پویای ماشین‌های مجازی

یکی از روش های ایده ال کاهش مصرف انرژی طراحی سیستم‌های کامپیوترای است که مصرف انرژی منابع سیستم را متناسب با میزان تقاضای نرم‌افزار تنظیم کند [۱۷]. این روش به صورت جزیی با تغییر میزان ولتاژ و فرکانس پردازنده انجام شده است (DVFS). DVFS اجازه می دهد که ولتاژ و فرکانس پردازنده با توجه به درخواست منابع کنونی تغییر یابد اما مشکل در این جاست که فقط پردازنده قابلیت کاهش یا افزایش ولتاژ و فرکانس را دارد بقیه اجزاء سیستم باید کاملاً خاموش شوند همچنین

[1] Cloud providers
[2] Service Level Agreement
[3] Response time
[4] Violations

سربار ناشی از رفتن به حالت غیرفعال و برعکس قابل توجه می‌باشد. به عنوان مثال وقتی که یک دیسک در حالت خواب باشد مقدار بسیار ناچیزی انرزی مصرف می‌کند اما برای رفتن به حالت فعال تاخیری ۱۰۰۰ برابر تاخیر دسترسی عادی را باید متحمل شد. بهینه بودن اجزاء سرور باعث می‌شود حداکثر ۳۰ درصد از مصرف انرژی را کاهش داد. به این معنی که اگر سرور کاملا در حالت بیکار باشد ۷۰ درصد از حداکثر مصرف انرژی خود را مصرف می‌کند.

یک روش برای استفاده بهینه‌تر از منابع و کاهش مصرف انرژی تجمع پویا ماشین‌های مجازی می‌باشد که با استفاده از تکنولوژی مجازی سازی امکان پذیر شده است [۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲]. مجازی سازی به سیستم‌های ابری این اجازه را می‌دهد که روی یک سرور چندین ماشین مجازی ایجاد کنیم. برای کاهش مصرف انرژی در این سرورها می توان حالت آنها را از حالت بیکار به حالت خواب[1] یا خواب زمستانی[2] تغییر داد بنابراین مصرف انرژی آنها را در حالت بیکار حذف می‌کنیم.

یکی از دیگر قابلیت‌هایی که مجازی سازی برای ما فراهم می‌کند مهاجرت زنده[3] می‌باشد. مهاجرت زنده این امکان را می‌دهد که ماشین‌های مجازی را با زمان غیر فعال بودن نزدیک به صفر بین سرورها انتقال دهیم. با استفاده از مهاجرت زنده [۲۳] می‌توان ماشین‌های مجازی را به صورت پویا تجمیع کرد و تعداد سرورهای فیزیکی فعال را به کمترین تعداد ممکن کاهش داد. تجمع پویا ماشین‌های مجازی شامل دو روند ساده می‌باشد. مهاجرت دادن ماشین‌های مجازی سرورهای کم‌کار[4] برای کاهش دادن تعداد سرورهای فعال و خارج کردن ماشین‌های مجازی از سرورهایی که دچار سرریز[5] شده‌اند برای پرهیز از پایین آمدن کارایی سیستم که به تضمین کیفیت سرویس می‌انجامد. شکل ۱-۳ نگاه سطح بالایی از این سیستم را نشان می‌دهد. سرورهای بیکار به صورت خودکار به حالت کاهش انرژی انتقال داده می‌شوند. با این کار مصرف ثابت انرژی از بین رفته و منجر به کاهش مصرف کلی انرژی سیستم

[1] Sleep
[2] Hibernation
[3] Live migration
[4] Underutilized
[5] Overloaded