دوفصلنامه محاسبات و سامانه‌های توزیع شده
www.ijdcs.ir

مروری بر معیارهای مدیریت یکپارچه منابع در زیرساخت ابر با استفاده از رویکرد نرم‌افزار محور

محمّد بیات *[1]، سید حسن هانی[2]
[1] شرکت ویرا رایانش مجدرایان، قم
[2] دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان، کاشان

چکیده

استفاده‌ی بهینه از منابع از دغدغه‌های اصلی تمامی سازمان‌ها و فراهم‌کنندگان خدمت است. هدف از محاسبات ابری، فراهم نمودن مخزنی نامحدود از منابع برای پاسخ به هر درخواستی است. لایه‌ی زیرساخت به‌عنوان خدمت ابر، مسئول فراهم نمودن منابع موردنیاز خدمات ابری است. این منابع شامل منابع محاسباتی، منابع شبکه‌ای و منابع ذخیره‌سازی است. رویکردهای جاری در زیرساخت ابر از سه سیستم جداگانه برای مدیریت هر یک از این منابع استفاده می‌کنند. مدیریت مجزّای منابع زیرساخت ابر نمی‌تواند پاسخ‌گوی نرم‌افزارها و خدمت‌های چندرسانه‌ای که به یک سطح کیفیّت خدمت تضمین‌شده نیاز دارند، باشد. از طرفی کارایی منابع زیرساخت ابر وابسته به مدیریت یکپارچه‌ی این منابع است. در این مقاله ابتدا به معرفی دو سیستم مدیریت یکپارچه‌ی منابع می‌پردازیم. سپس اهداف، معیارهای اصلی و زیر معیارهای سیستم مدیریت یکپارچه‌ی منابع را شرح می‌دهیم. درنهایت با استفاده از مجموعه ویژگی‌های هر یک از سیستم‌های معرفی‌شده، به مقایسه آن‌ها می‌پردازیم.

واژه‌های کلیدی: محاسبات ابری، زیرساخت به‌عنوان خدمت، مدیریت یکپارچه‌ی منابع زیرساخت ابر

Email: m.bayat@qom.ac.ir

تاریخچه مقاله:

تاریخ ارسال:۱۳۹۸/۰۸/۰۱

تاریخ اصلاحات:۱۳۹۸/۱۱/۱۰

تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۱۲/۰۱

تاریخ انتشار:۱۳۹۸/۱۲/۲۰

A Survey on the Criteria of the Integrated Resource Management for Infrastructure as a Service (IaaS) Based on the Software-defined Approach

Muhammad Bayat[*1] Seyyed Hasan Hani[2]

[1]MajdRayan Intelligent Computing, Qom, IRAN

[2]Department Of Computer Engineering, Islamic Azad University Kashan Branch, Kashan, IRAN

Abstract

The optimal resource utilization is an important concern for the organizations and the service providers. The goal of cloud computing is to provide the unlimited reservoir of resources for responding to all the requests coming from the workloads and applications. The IaaS layer is responsible for providing physical and virtual resources (compute, network and storage resources) for upper layers. Current approaches in cloud infrastructure, use three separate management systems for each of these resources. Separate management of cloud infrastructure resources cannot respond effectively and efficiently to the applications and multimedia services which require guaranteed quality of services. The performance of the cloud infrastructure resources relates to the integration of the resource management. In this paper we first describe two resource integration management systems. Then we describe the goals, the criteria and sub-criteria of resource integration management system. At the end, we compare these two systems based on their feature sets and the mentioned criteria and sub-criteria.

Keywords:

Cloud computing, Infrastructure as a Service (IaaS), Integrated management of IaaS resources

روش ارجاع به مقاله:

مروری بر معیارهای مدیریت یکپارچه منابع در زیرساخت ابر با استفاده از رویکرد نرم‌افزار محور

م.بیات، س.ح.هانی، دو فصلنامه محاسبات و سامانه‌های توزیع‌شده، سال دوم، شماره دوم، شماره پیاپی ۴، سال ۱۳۹۸ ص ۱-۲۲

۱- مقدمه

محاسبات ابری راهکارهایی برای ارائه‌ی خدمات فناوری اطلاعات به شیوه‌های مشابه با صنایع همگانی (آب، برق، تلفن و ...) پیشنهاد می‌کند. این بدین معنی است که دسترسی به منابع فناوری اطلاعات در زمان تقاضا و بر اساس میزان تقاضای کاربر، به‌گونه‌ای انعطاف‌پذیر و مقیاس‌پذیر از راه اینترنت به کاربر تحویل داده می‌شود. همان‌طور که کاربر تنها هزینه برق یا آب مصرفی خود را می‌پردازد، در صورت استفاده از رایانش ابری نیز، کاربر تنها هزینه خدمات رایانشی مورداستفاده خود (اگر هزینه از کاربر دریافت شود) را پرداخت خواهد کرد.

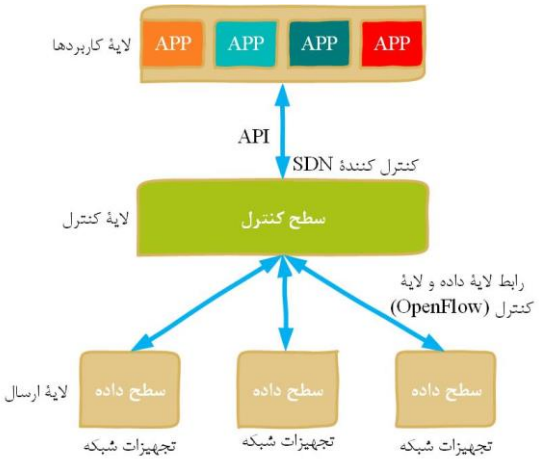
خدمات زیرساخت ابری یا زیرساخت به‌عنوان خدمت ابر، زیرساخت رایانه‌ای که عموماً یک بستر مجازی است را به‌صورت خدمت ارائه می‌دهند. زیرساخت به‌عنوان خدمت بدون در نظر گرفتن مکان فیزیکی تجهیزات سخت‌افزاری، به‌عنوان اصلی‌ترین بخش در ارائه خدمات مبتنی بر محاسبات ابری در نظر گرفته می‌شود و نیاز به سطح بالایی از انتزاع از معماری شبکه، پروتکل‌ها و تجهیزات دارد[1].

کاربران به‌جای خرید سخت‌افزار و نرم‌افزار و فضای مرکز داده و یا تجهیزات شبکه، همهٔ این زیرساخت‌ها را به‌صورت یک خدمت کاملاً برون‌سپاری[۱] شده خریداری می‌کنند. صورتحساب خدمت معمولاً بر اساس مدل رایانش همگانی[۲] و میزان منابع مصرف‌شده صادر می‌شود، بنابراین هزینه، منعکس‌کننده میزان فعالیت است[2]. این شیوه درواقع تکامل‌یافته مدل عرضهٔ خدمات خصوصی مجازی است. کاربران زیرساخت به‌عنوان خدمت می‌توانند به‌طور کامل کنترل و پیکربندی منابع زیرساختی را همان‌گونه که خود مایل‌اند بر عهده بگیرند. برای مثال EC2 [3] و S3 [4] از شرکت آمازون نمونه‌های موفقی از زیرساخت به‌عنوان خدمت هستند.

شبکه‌ی نرم‌افزار محور[۳] نسل جدیدی از شبکه‌ها است که با استفاده از لایه‌های مجازی، سوییچ‌های مجازی، کنترل‌کننده مرکزی، استانداردهای ارتباطی و رابط‌های برنامه‌ی کاربردی[۴] سطح بالا، سعی می‌کند برخی از کارهای کنترلی و مدیریتی سوییچ‌ها و مسیریاب‌های شبکه را در لایه‌های بالاتر به‌صورت نرم‌افزاری انجام دهد[5]. به زبان دیگر شبکه‌ی نرم-افزار محور وابستگی به سخت‌افزار را کاهش داده و قابلیت‌های نرم‌افزاری و هوشمندی شبکه را افزایش می‌دهد. از این رهگذر سازمان‌ها و شرکت‌های گسترده می‌توانند خودشان اقدام به برنامه‌ریزی و برنامه‌نویسی برای شبکه خودشان کرده تا قابلیت‌های سفارشی و اختصاصی را به وجود بیاورند که نتیجه آن خدمات جدیدی برای مشتریان است. شکل ۱، معماری شبکه‌ی نرم‌افزار محور را نشان می‌دهد.

---

۱ Outsource
۲ Ubiquitous
۳ Software-defined Networking (SDN)
۴ Application Program Interface (API)



(شکل-۱): معماری کلی شبکه‌ی نرم‌افزار محور

تفاوت بین شبکه‌ی نرم‌افزار محور و رویکردهای پیش‌ازاین، این است که جزء نرم‌افزاری شبکه بر روی یک سرور و یا یک پردازنده به معماری شبکه افزوده می‌شود. در شبکه‌ی نرم‌افزار محور، جزء نرم‌افزاری مسئول سطح کنترل یک شبکه است. بر اساس چارچوب شبکه‌ی نرم‌افزار محور، مدیریت و کنترل شبکه‌ها که به‌طورمعمول به‌صورت نرم‌افزاری است، از لایه داده جدا می‌شود. تمرکز اصلی شبکه‌ی نرم‌افزار محور بر روی جداسازی لایه داده از لایه کنترل استوار است که وظیفه اصلی سوئیچ‌ها ارسال داده‌ها با استفاده از مجموعه‌ای از دستورات است. این دستورات توسط یک کنترل‌کننده‌ی نرم‌افزار محور مدیریت می‌شوند. در شبکه‌ی نرم‌افزار محور بخش نرم‌افزاری مسئول لایه‌ی کنترل شبکه است. یکی از انگیزه‌های این سیستم انجام کارهای شبکه‌ای است که بدون نرم‌افزار اضافی قابل پیاده‌سازی نیستند.

کاربردهای[1] توسعه‌یافته درصورتی‌که بر روی سیستم‌عامل شبکه پیاده‌سازی شوند قادر به کنترل سوئیچ‌ها هستند. این سیستم‌عامل شبکه، لایه میانی بین سوئیچ و کاربرد است. یکی دیگر از انگیزه‌های شبکه‌ی نرم‌افزار محور انتقال قسمتی از پیچیدگی شبکه به کنترل‌کننده نرم‌افزار محور است به‌جای اینکه فقط به تجهیزات سخت‌افزاری شبکه متکی باشند.

از مزایای شبکه‌ی نرم‌افزار محور، قابلیت انعطاف‌پذیری و نوآوری در آن است[7]. زمانی که سطح داده و کنترل در یک وسیله فیزیکی مدیریت می‌شود، به این دلیل که نرم‌افزار و میان‌افزار این تجهیزات به‌راحتی قابل‌تغییر نیستند، قابلیت انعطاف‌پذیری و نوآوری وجود ندارد، اما در این شبکه‌ها با جداسازی لایه داده از لایه کنترل این قابلیت فراهم می‌گردد.

پس از گسترش مفهوم شبکه‌ی نرم‌افزار محور، جداسازی لایه کنترل و استفاده از قابلیت‌های برنامه‌نویسی، در دیگر بخش‌های مرکز داده‌ی ابر نیز مطرح گردید. مفهوم محاسبه‌ی نرم‌افزار محور[2] که در محیط محاسباتی مرکز داده مطرح می‌شود به مجازی‌سازی و مدیریت منابع و ماشین‌های مجازی می‌پردازد[8]. محاسبه‌ی نرم‌افزار محور به انتزاع منابع پردازشی فیزیکی می‌پردازد و مخزنی از منابع

---

[1] Applications

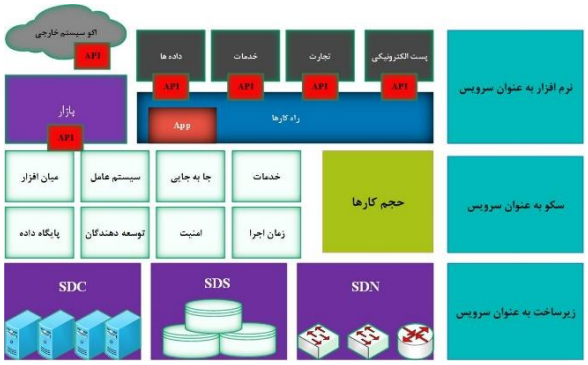
[2] Software-defined Compute (SDC)

پردازشی مجازی فراهم می‌کند و این منابع را به ماشین‌های مجازی تخصیص می‌دهد.

ذخیره‌ساز نرم‌افزار محور[۱] نیز به جداسازی لایه کنترل و مدیریت سیستم ذخیره‌سازی از لایه داده می‌پردازد. از مزایای ذخیره‌ساز نرم‌افزار محور می‌توان به پاسخ پویای ذخیره‌سازهای ناهمگون به درخواست حجم کارهای[۲] متغیر اشاره کرد. ذخیره‌ساز نرم‌افزار محور روشی برای فراهم نمودن فضای ذخیره‌سازی برای میزبان‌های فیزیکی و مجازی است[9]. در ذخیره‌ساز نرم‌افزار محور تمامی توابع ذخیره‌سازی درون نرم‌افزار تعبیه‌شده‌اند بنابراین نیازی به تجهیزات ذخیره‌سازی اختصاصی و پیچیده نیست. قابلیت انعطاف در ذخیره‌ساز نرم‌افزار محور به‌مراتب بیشتر از دیسک‌های سخت سنتی است. کنترل‌کننده‌ی ذخیره‌ساز نرم‌افزار محور یک نرم‌افزار اتوماسیون ذخیره‌سازی است که فضای ذخیره‌سازی را ساده، قابل‌گسترش و متمرکز می‌کند. این کنترل‌کننده با فراهم نمودن مخزنی از منابع و انتزاع آن، به همراه ارائه خودکار خدمت‌های ذخیره‌سازی بر اساس سیاست‌های تعریف‌شده، باعث کاهش زمان پاسخ‌گویی، هزینه و ریسک می‌گردد[10].

۱-۱- بیان مسئله

راه‌حل‌های موجود در مجازی‌سازی و ابر، تنها اجازه انتزاع اولیه از منابع محاسباتی، ذخیره‌سازی و شبکه را ازلحاظ ظرفیت می‌دهند. این روش‌ها اغلب برای ساده‌سازی انتزاع منابعشان، تنها به استاندارد-سازی معماری سیستم‌های وابسته به خود می-پردازند. هم‌اکنون مدیریت منابع به‌صورت مجزا، برای منابع شبکه، محاسباتی و ذخیره‌سازی، برای کاربردها و خدمات چندرسانه‌ای که نیازمند یک کیفیت خدمت تضمین‌شده هستند، مناسب نیست[11]. بعلاوه، مدیریت منابع کنونی قابلیت مدیریت منابع ناهمگون که شامل منابع شبکه، محاسباتی و ذخیره-سازی در کنار دیگر منابع مانند سخت‌افزارهای قابل‌برنامه‌ریزی و پردازش‌های گرافیکی[۳] را ندارند.



(شکل-۲): ساختار کنونی محاسبات ابری

شکل ۲، نشان می‌دهد که در زیرساخت به‌عنوان خدمت ابر، منابع مربوط به محاسبات، شبکه و ذخیره‌ساز، به‌صورت مجزا و مستقل از هم توسط کنترل‌کننده‌ی مربوطه، کنترل و مدیریت می‌شوند. زمانی که حجم کاری تعریف می‌شود، تخصیص منابع توسط هر کنترل‌کننده بر اساس منابع موجود انجام

---

[۱] Software-defined Storage (SDS)

[۲] Workloads

[۳] Graphics Processing Unit (GPU)

می‌گیرد. برای مثال زمانی که یک کار[۱] به کارهای کوچک‌تر[۲] تقسیم می‌گردد، کنترل‌کننده‌ی منابع محاسباتی هر یک از کارهای کوچک را به ماشین‌های مجازی با کمترین میزان مصرف منابع تخصیص می‌دهد. کنترل‌کننده‌ی منابع محاسباتی فقط از منابع پردازشی آگاه است و دیدی درباره منابع شبکه و یا ذخیره‌ساز ندارد. کنترل‌کننده‌ی شبکه نیز بدون در نظر گرفتن دیگر منابع موجود در بستر ابر، به کنترل و مدیریت جریان‌های ترافیکی می‌پردازد. مدیریت مجزّای منابع زیرساخت ابر نمی‌تواند پاسخ‌گوی نرم‌افزارها و خدماتی که به یک سطح کیفیّت خدمت[۳] تضمین‌شده نیاز دارند، باشد. از طرفی مدیریت یکپارچه منابع، باعث افزایش کارایی این منابع خواهد شد. در این مقاله ابتدا به معرفی دو سیستم مدیریت یکپارچه‌ی منابع که توسط دانشگاه تورنتو و شرکت آی‌بی‌ام ارائه‌شده است، می‌پردازیم. سپس اهداف، معیارهای اصلی و زیر معیارهای سیستم مدیریت یکپارچه‌ی منابع را شرح می‌دهیم. درنهایت با استفاده از مجموعه ویژگی‌های هر یک از سیستم‌های معرفی‌شده، به مقایسه آن‌ها می‌پردازیم.

ادامه‌ی مقاله به شرح زیر است:

بخش ۲ به معرفی معماری‌های ارائه‌شده برای مدیریت یکپارچه‌ی منابع زیرساخت ابر می‌پردازد. در بخش ۳ معیارها و اهداف سیستم مدیریت یکپارچه‌ی منابع شرح داده خواهد شد. در بخش ۴ به مقایسه‌ی معماری‌های معرفی‌شده در بخش ۲ بر اساس مجموعه ویژگی‌های هریک و معیارهای بخش ۳، پرداخته خواهد شد. بخش ۵ نیز شامل نتیجه‌گیری و کارهای آتی خواهد بود.

۲- کارهای انجام‌شده

۲-۱- سیستم مدیریت منابع زیرساخت نرم‌افزار محور[۴]

آقای *توماس لین* و همکاران در [12] ,[11] معماری زیرساخت نرم‌افزار محور و چگونگی فعال کردن کاربردهای شبکه‌ی نرم‌افزار محور بر روی آن را معرفی کرده‌اند. ایشان برای غلبه بر نقطه‌ضعف رویکرد مدیریتی موجود، زیرساخت نرم‌افزار محور را به‌عنوان رویکردی نرم‌افزاری، برای کنترل و مدیریت یکپارچه منابع شبکه‌ای و محاسباتی ناهمگون، بر روی بستر پروژه‌ی SAVI[۵] [13]معرفی کرده‌اند. در زیرساخت نرم‌افزار محور، مدیریت مرکزی زیرساخت نرم‌افزار محور، مدیریت منابع شبکه‌ای و محاسباتی را با استفاده از کنترل‌کننده‌ی ابر و کنترل‌کننده‌ی شبکه‌ی نرم‌افزار محور، کنترل می‌کند. زیرساخت نرم‌افزار محور ماژول مدیریت منابع افزودنی را برای زمان‌بندی، کنترل شبکه، مدیریت خطا و غیره بر عهده دارد و بر اساس این ایده که تمامی منابع شبکه و محاسباتی قابل مجازی‌سازی هستند، پیاده‌سازی

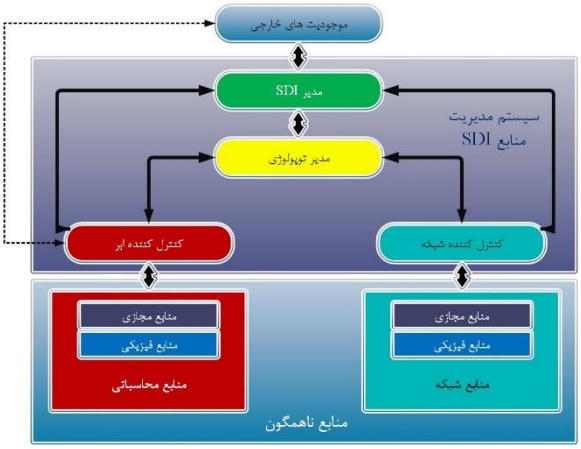
---

[۱] Job
[۲] Tasks
[۳] Quality of Service
[۴] Software Defined Infrastructure Resource Management System (RMS)
[۵] Smart Applications on Virtual Infrastructure

شده است. در طراحی زیرساخت آن از اصول رایانش ابری، برای کنترل و مدیریت منابع ناهمگون استفاده‌شده است.

شکل ۳، معماری سطح بالای سیستم مدیریت منابع زیرساخت نرم‌افزار محور را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل نشان داده‌شده است، مدیر زیرساخت نرم‌افزار محور می‌تواند منابع را با استفاده از کنترل‌کننده‌ی ابر، کنترل‌کننده‌ی شبکه و مدیر توپولوژی، کنترل و مدیریت نماید. موجودیت‌های خارجی منابع مجازی را از منابع ناهمگون همگرا[1]، توسط سیستم مدیریت منابع زیرساخت نرم‌افزار محور دریافت می‌کنند. منابع ناهمگون همگرا، از منابع فیزیکی و مجازی تشکیل‌شده است.

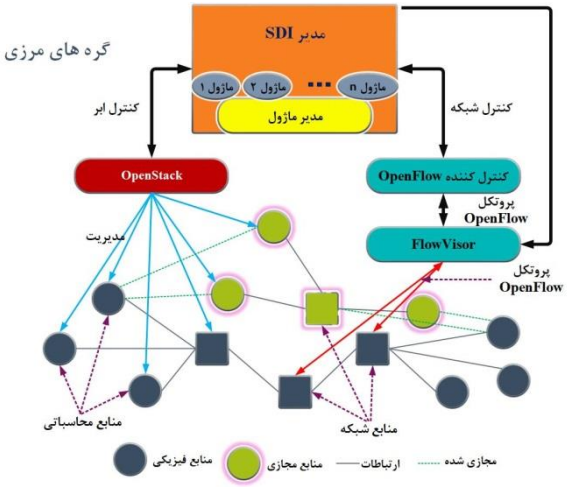
کنترل‌کننده ابر مسئول مدیریت منابع محاسباتی، مکان قرارگیری ماشین‌های مجازی و تخصیص حافظه است. کنترل‌کننده شبکه‌ی نرم‌افزار محور یک مشخصه شبکه را گرفته و آن را به دستورات پیکربندی سطح بالا ترجمه می‌کند و آن‌ها را بر روی تجهیزات شبکه‌ای، باقابلیت شبکه‌ی نرم‌افزار محور نصب می‌کند.



(شکل-۳): معماری سیستم مدیریت منابع زیرساخت نرم‌افزار محور

مدیر توپولوژی فهرستی از منابع شبکه، ارتباط بین آن‌ها و نظارت و سنجش داده‌های هر یک از منابع را نگهداری می‌کند. همچنین مدیر توپولوژی، اطلاعات منابع بروز را برای مدیر زیرساخت نرم‌افزار محور به‌منظور مدیریت منابع با آگاهی از توپولوژی فراهم می‌کند. مدیر زیرساخت نرم‌افزار محور از مدیر توپولوژی برای تنظیم خصوصیات و سنجش هزینه منابع و به‌روزرسانی داده‌های منابع استفاده می‌کند، درحالی‌که مدیر توپولوژی، توپولوژی شبکه فیزیکی و مجازی و اطلاعات وضعیت ارتباطی، به همراه نظارت منابع و داده‌های سنجش را برای مدیر زیرساخت نرم‌افزار محور فراهم می‌کند.

[1] Converged Heterogamous Resources



(شکل-۴): سیستم مدیریت زیرساخت نرم‌افزار محور با استفاده از کنترل‌کننده‌ی اُپن فلو و اُپن استک

شکل ۴، طراحی سطح بالای سیستم مدیریت زیرساخت نرم‌افزار محور با استفاده از کنترل‌کننده‌ی اُپن فلو[۱] و کنترل‌کننده‌ی اُپن استک[۲] [14] را نشان می‌دهد. این طراحی از چهار بخش اصلی تشکیل‌شده است: (۱) گره‌های مرزی، (۲) اُپن استک، (۳) کنترل‌کننده‌ی اُپن فلو و (۴) مدیر زیرساخت نرم‌افزار محور. در گره‌های مرزی، منابع شبکه و محاسباتی ناهمگون متفاوتی وجود دارد.

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، کنترل‌کننده‌ی اُپن استک، کنترل و مدیریت منابع محاسباتی مجازی را با استفاده از مجازی‌سازی منابع محاسباتی فیزیکی انجام می‌دهد. کنترل‌کننده‌ی اُپن فلو برای کنترل منابع شبکه‌ای استفاده می‌شود. کنترل‌کننده‌ی اُپن فلو تمامی رویدادها را از سوئیچ-های باقابلیت اُپن فلو دریافت می‌کند و یک جدول جریان به همراه عمل‌ها می‌سازد. مدیر زیرساخت نرم‌افزار محور تمامی اعمال مدیریتی را بر اساس داده‌هایی که از کنترل‌کننده‌ی اُپن استک و اُپن فلو دریافت می‌کند انجام می‌دهد و واکنش‌های مناسب را برای منابع محاسباتی و شبکه‌ای مشخص می‌کند. مدیر زیرساخت نرم‌افزار محور یک «مدیر ماژول» برای مدیریت ماژول‌های خاص دارد. این ماژول‌ها عبارت‌اند از: ماژول زمان‌بندی، ماژول کنترل شبکه، ماژول مدیریت تحمل خطا و ماژول شبکه سبز.

تمرکز سیستم مدیریت منابع زیرساخت نرم‌افزار محور، بر روی ماژول کنترل شبکه است که مسئولیت فعال‌سازی برنامه‌های کاربردی شبکه‌ی نرم‌افزار محور را بر عهده دارد. کنترل‌کننده‌ی اُپن فلو ممکن است از یک پراکسی استفاده کند تا دسترسی چندین کنترل‌کننده‌ی اُپن فلو به منابع شبکه باواسطه صورت پذیرد. در این طراحی، فلووایزر[۳] [15] نقش یک پراکسی شفاف بین سوئیچ‌های اُپن فلو و چندین کنترل‌کننده‌ی اُپن فلو رادارند. فلووایزر منابع شبکه را برش می‌دهد و کنترل هر یک از این برش‌ها را به کنترل‌کننده‌های مختلف می‌دهد درحالی‌که این برش‌ها کاملاً از یکدیگر مجزا هستند. با استفاده از فلووایزر هر کاربر فقط می‌تواند کنترل و دسترسی برش شبکه مخصوص به خود را داشته باشد.

---

[۱] OpenFlow

[۲] OpenStack

[۳] FlowVisor

۲-۲- محیط ابر نرم‌افزار محور[۱]

محیط ابر نرم‌افزار محور برای پاسخ‌گویی به چالش-های مربوط به برآورده کردن هم‌زمان چابکی[۲] و بهینه‌سازی مصرف منابع به وجود آمد[1] ,[16]. محیط ابر نرم‌افزار محور به جداسازی انتزاع منابع، از منابع واقعی می‌پردازد و بر روی قابلیت‌های برجسته منابع برای کارایی موردنظر حجم کارها تمرکز دارد. محیط ابر نرم‌افزار محور همچنین به تعریف حجم کارها می‌پردازد و با جداسازی این تعاریف از حجم کار اصلی، برقراری ارتباط بین مشخصه‌های حجم کار و قابلیت‌های منابع به‌صورت مناسب و به‌طور مداوم صورت می‌گیرد. حجم کار شامل رابطه‌ی بین میزان منابع و کارهایی که باید انجام‌پذیرند، است. می‌توان از مدل کردن حجم کار[18] -که یک روش تحلیلی برای محاسبه و پیش‌بینی حجم کارها، باهدف اصلی مدیریت و توزیع یکسان حجم کارها، اجتناب از تحمیل بار اضافی به منابع و برآورده کردن اهداف سطح خدمت است- نیز بهره برد.

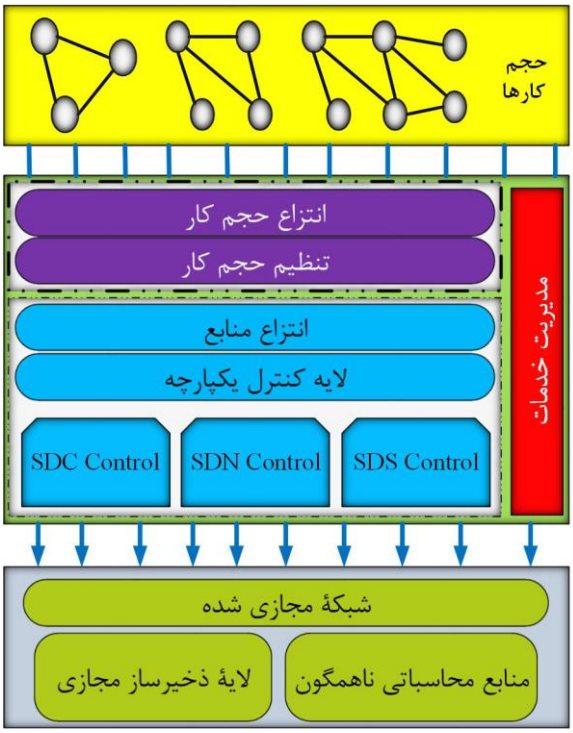
استفاده از محیط ابر نرم‌افزار محور باعث استفاده بهینه از تمامی منابع زیرساخت ابر خواهد شد و منابع به کارها بر اساس میزان نیازشان و به‌صورت پویا و خودکار تخصیص داده خواهد شد، درحالی‌که در محیط‌های ابر امروزی منابع به‌صورت دستی به حجم کارها داده می‌شود. محیط ابر نرم‌افزار محور قسمت-های مختلف نرم‌افزار محور (شبکه‌ی نرم‌افزار محور، محاسبه‌ی نرم‌افزار محور، ذخیره‌ساز نرم‌افزار محور) را با یکدیگر تجمیع کرده و لایه کنترل و مدیریت آن‌ها را یکپارچه می‌کند[19]. این لایه‌ی کنترل یکپارچه، حاصل تجمیع و انتزاع منابع قابل‌برنامه‌ریزی یک سیستم است که این منابع شامل منابع محاسباتی، شبکه‌ای و ذخیره‌سازی است. منظور از سیستم در اینجا، سامانه‌ای است که قادر به پاسخگویی به نیازمندی‌های یک حجم کار مشخص است و قابلیت بهینه‌سازی پویا در پاسخ به تغییر نیازهای کسب‌وکار را دارد. برای مثال یک حجم کار مشخص می‌کند به چه میزان منابع محاسباتی و ذخیره‌ساز احتیاج دارد و سیستم نیز با انتزاع این منابع، آن را به‌صورت پویا و برحسب میزان درخواست حجم کار، در اختیار آن قرار می‌دهد.

شکل ۵، اجزاء معماری کلی محیط ابر نرم‌افزار محور را نشان می‌دهد. در بالاترین سطح، حجم کارها (به‌صورت گرافی از کاربردها و خدمات) وجود دارد. لایه‌ی انتزاع حجم کار بر اساس الگوهای موجود، به نیازمندی‌های خدمات و حجم کارها پاسخ می‌دهد. در پایین‌ترین سطح، منابع ناهمگون محاسباتی، شبکه‌ای و ذخیره‌سازی بر اساس قابلیت‌هایشان با یکدیگر ترکیب می‌شوند و مخزنی از منابع ناهمگون، در اختیار لایه مدیریت قرار می‌گیرد. لایه‌ی کنترل یکپارچه، وظیفه‌ی نگاشت حجم کارها را به منابع، به‌صورت پویا و بهینه و بر اساس نتیجه موردنظر حجم کار و شرایط عملیاتی محیط ابر، بر عهده دارد.

---

[۱] Software Defined Cloud Environment (SDCE)

[۲] Agility



(شکل-۵): معماری محیط ابر نرم‌افزار محور

محیط ابر نرم‌افزار محور برای برآورده کردن اهداف و سیاست‌های تعریف‌شده برای اجرای بهینه و خودکار حجم کارها از سه فنّاوری زیر بهره می‌برد:

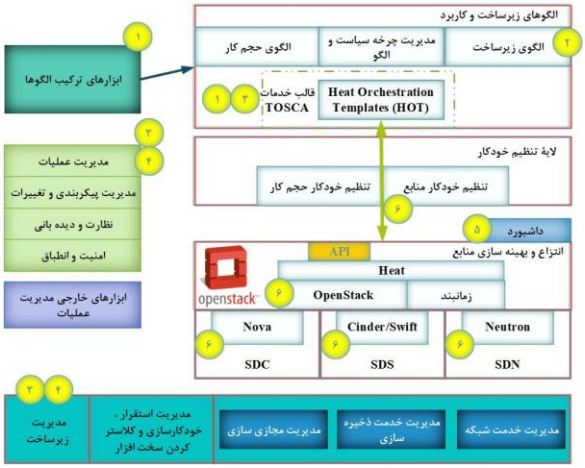
- زیرساخت‌های قابل‌برنامه‌ریزی
- زبانی برای تشریح توپولوژی، اهداف و سیاست‌های حجم کار
- لایه تنظیم و بهینه‌سازی حجم کار

لایه تنظیم و بهینه‌سازی حجم کار، وظیفه نگاشت بهینه منابع مجازی به زیرساخت فیزیکی، با تمرکز بر روی دسترسی‌پذیری، دسترسی به داده و ارتباط بین تمامی اجزاء حجم کار را دارد.

در محیط ابر نرم‌افزار محور، انتزاع منابع بر اساس قابلیت‌های منابع است[16]. تجمیع منابع ناهمگون بر اساس قابلیت‌های آن‌ها، نیازمند دسته‌بندی منابع بر اساس مشخصات حجم کار است. برای مثال در مورد منبع محاسبات، سرعت نخ، تعداد نخ و همچنین میزان کشه‌ی نخ موردتوجه قرار می‌گیرد. انتزاع منابع بر اساس قابلیت‌های آن‌ها مهم‌ترین قدم در جداسازی تخصیص منابع ناهمگون به حجم کارهاست. در حال حاضر تخصیص منابع بر اساس ظرفیت آن‌ها است و تفاوت‌های موجود در مشخصات منابع، نادیده گرفته می‌شود. ترکیب انتزاع منابع برحسب قابلیت‌ها برای سه حوزه محاسبه‌ی نرم‌افزار محور، شبکه‌ی نرم‌افزار محور و ذخیره‌ساز نرم‌افزار محور، زیرساخت نرم‌افزار محور را به وجود می‌آورد.

مدیریت و تنظیم خودکار حجم کار ابر مهم‌ترین هدف محیط ابر نرم‌افزار محور است. محیط ابر نرم‌افزار محور به همراه اُپن استک، بستر محاسبات ابری را فراهم می‌کند و مسئول فعال‌سازی، ایجاد، پیکربندی و به‌کارگیری ابر خصوصی، عمومی و یا ترکیبی خواهد بود[19]. نسل آینده معماری محاسبات ابری توسط محیط ابر نرم‌افزار محور با استفاده از تنظیمات خودکار و پیشرفته‌ای که توسط ابزارها و موتورهای الگو فراهم می‌گردند، تعیین می شود.

شکل ۶ که برگرفته از [19] هست معماری مرجع محیط ابر نرم‌افزار محور را به همراه زیرساخت اُپن استک نشان می‌دهد.

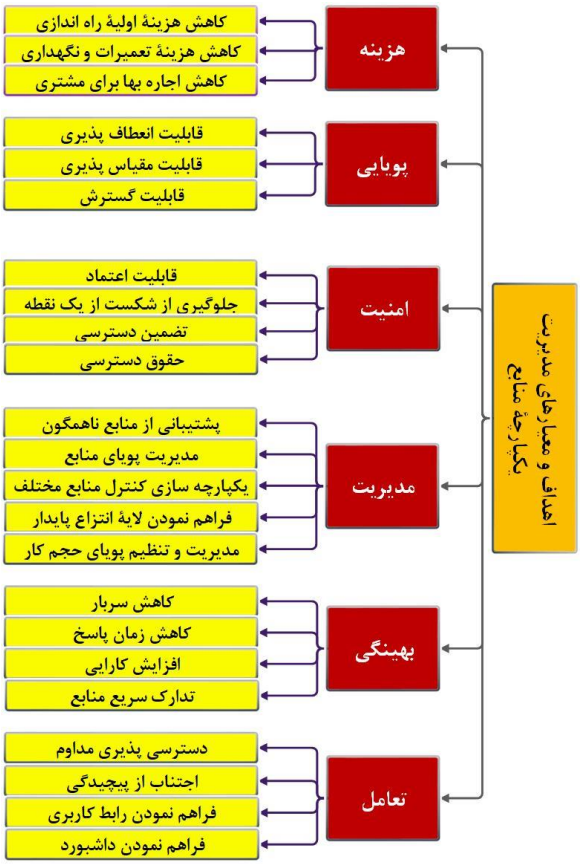


(شکل-۶): معماری مرجع محیط ابر نرم‌افزار محور
به همراه اُپن استک

در ۱، ۲ و ۳، کاربر زیرساخت (کاربر ابر)، کاربردها و سیاست‌های زیرساخت (برای مثال تعیین میزان منابع، تعیین حد آستانه و یا تعریف موافقت‌نامه سطح خدمت) را فراهم می‌کند. در ۴، مدیریت عملیات، مسئول نظارت و دیده‌بانی، تعریف سیاست‌های امنیتی، مدیریت پیکربندی و مدیریت تغییرات است. قسمت ۵، لایه کنترل یا مرکز کنترل محیط ابر نرم‌افزار محور است که از آن به مغز سیستم تعبیر می‌شود. این قسمت با استفاده از الگوها، یک رابط کاربری برای پیکربندی، مدیریت، قرار دادن تصاویر ماشین‌های مجازی و خدمات امنیتی را فراهم می کند. شماره ۶، بخشی از محیط ابر نرم‌افزار محور را نشان می‌دهد که با استفاده از اُپن استک مسئول تنظیم خودکار منابع و حجم کارها با استفاده از رابط-های برنامه‌ی کاربردی است. این بخش همچنین به انتزاع منابع، تعریف سیاست‌ها، استانداردسازی و خودکارسازی بر اساس الگوهای موجود می‌پردازد و مجموعه دستورالعمل‌هایی را برای حجم کارها فراهم می‌کند تا بتوانند از منابع محاسباتی، شبکه‌ای و ذخیره‌سازی به‌صورت بهینه بهره ببرند.

۳- معیارها و اهداف سیستم کنترل و مدیریت یکپارچه‌ی منابع

اهداف و معیارهای سیستم کنترل و مدیریت یکپارچه‌ی منابع را می‌توان به شش دسته اصلی هزینه، پویایی، امنیت، مدیریت، بهینگی و تعامل طبقه‌بندی کرد. هر یک از این دسته‌ها خود شامل زیرشاخه‌هایی است که در شکل ۷، نشان داده‌شده است. یک سیستم ایدئال کنترل و مدیریت یکپارچه منابع زیرساخت ابر، می‌بایست دربردارنده‌ی تمامی معیارهای مذکور باشد. در ادامه به تشریح مختصر هر یک از این اهداف می‌پردازیم.



(شکل-۷): معیارهای سیستم مدیریت یکپارچه منابع

۳-۱- هزینه:

هزینه‌ی اولیه‌ی راه‌اندازی یک مرکز داده بسیار سرسام‌آور است[20]. یک سیستم کنترل یکپارچه‌ی منابع باعث استفاده بهینه از منابع خواهد شد و دیگر در راه‌اندازی مرکز داده، تجهیزات بیش از نیاز خریداری نخواهد شد و هزینه‌های اولیه کاهش می‌یابد. همچنین با توجه به فراهم نمودن تجهیزات (سرورها، ذخیره‌سازها، تجهیزات شبکه) بر اساس نیاز و نه بیش از نیاز مصرفی، هزینه‌های مربوط به تعمیرات و نگهداری آن‌ها در یک سیستم مدیریت یکپارچه‌ی منابع بسیار کاهش می‌یابد. مشتری نیز به میزان منابعی که مصرف می‌کند، اجاره‌بها پرداخت می‌کند و دیگر نیاز نیست فقط برای لحظات اندکی که فورانی در حجم کارها رخ می‌دهد، منابعی بیش‌ازحد نیاز به‌صورت ایستا اجاره نماید. در سیستم مدیریت یکپارچه‌ی منابع، منابع به‌صورت پویا در زمان درخواست به حجم کار مشتری تخصیص داده می‌شود و در زمان‌هایی که به آن نیاز ندارد، منابع آزاد می‌گردد.

۳-۲- پویایی:

یکی از زیر معیارهای پویایی قابلیت انعطاف‌پذیری است. این مشخصه درحالی‌که سازمان‌های تجاری قصد دارند خود را به‌طور سریع با وضعیت در حال تغییر کسب‌وکار تطبیق دهند، به‌طور فزاینده‌ای اهمیت پیدا می‌کند. سیستم مدیریت یکپارچه منابع می‌بایست بتواند خود را با شرایط و سیاست‌های مختلف تطبیق دهد و به‌صورت پویا به حجم کار ورودی واکنش نشان دهد[21]. درصورتی‌که نیاز سازمان به تغییر در سیاست‌ها و الگوهای تخصیص منابع به درخواست‌ها است، این سیستم می‌بایست خود را با شرایط جدید منطبق کند.

مقیاس‌پذیری یکی دیگر از زیر معیارهای پویایی است. سیستم مدیریت و کنترل زیرساخت نرم‌افزار محور باید به‌گونه‌ای طراحی گردد تا بتواند به هر میزان حجم کار پاسخ دهد[22]. برنامه‌های کاربردی که برای این سیستم طراحی می‌شوند، باید بتوانند با توجه به تقاضا و حجم کار مقیاس‌پذیر باشند به‌طوری که کارایی و توافق با سطح خدمت موردنظر را حفظ

کنند. اصطلاح کشسانی[۱] اغلب به قابلیت مقیاس‌پذیری برنامه‌ها اشاره دارد، به خاطر اینکه نه‌تنها باید برای افزایش مقیاس آماده باشند، بلکه باید بتوانند مقیاس خود را درزمانی که حجم کار پایین می‌آید، کاهش دهند تا از مصرف منابع اضافی جلوگیری شود. منابع در این سیستم می‌بایست هم به‌صورت افقی و هم به‌صورت عمودی قابل‌افزایش باشند. برای مثال در افزایش عمودی منبع ذخیره‌ساز، سیستم باید این قابلیت را داشته باشد که به فضای ذخیره‌سازی سرورها و ذخیره‌سازهای تحت شبکه، دیسک اضافه گردد و در افزایش افقی نیز این افزایش با اضافه کردن سرورها و یا فضاهای ذخیره‌سازی تحت شبکه قابل پیاده‌سازی است.

یکی دیگر از قابلیت‌های بنیادی هر سیستمی که در حوزه فناوری اطلاعات تولید می‌شود قابل‌گسترش بودن آن است و سیستم مدیریت یکپارچه منابع نیز از این امر مستثنا نیست. این سیستم باید قابل توسعه و گسترش باشد و توسعه‌دهندگان بتوانند به‌طور مداوم آن را بهبود ببخشند و قابلیت‌های جدید به آن اضافه کنند.

۳-۳- امنیت:

منابع باید تنها در دسترس افراد و کاربران مجاز قرار بگیرند و کاربران باید بتوانند اطمینان حاصل کنند که داده‌های آن‌ها امن باقی می‌ماند. یک مورد از اهمیت این موضوع زمانی است که افراد در اینترنت قصد دارند توسط برنامه‌ای، اطلاعات محرمانه را مثلاً بین شرکت و تأمین‌کننده‌ی زیرساخت ابر جابجا کنند. امنیت در محیط‌های امروزی با استفاده از روش‌های رمزنگاری، اعتبار سنجی، تصدیق هویت و فرآیندهای حسابرسی قوی انجام می‌شود. در این سیستم، شیوه‌های مناسب امنیتی می‌بایست در هر یک از جنبه‌های طراحی سیستم، پیاده‌سازی و استقرار آن وارد شود. کاربردها باید به‌صورت امن و باواسطه‌هایی که تنها داده‌های مناسب را برای کاربران مجاز ارائه می‌کنند، طراحی‌شده باشند. در حین پیاده‌سازی، توسعه‌دهندگان باید مراقب کدهایی که منجر به آسیب‌پذیری سیستم در مقابل تکنیک‌هایی نظیر سرریز بافر[۲] یا تزریق به پایگاه داده[۳] می‌شوند، باشند. منابع بر روی زیرساخت فیزیکی اشتراکی ارائه می‌شوند و هر منبع فیزیکی بین چندین کاربر به اشتراک گذاشته می‌شود، بنابراین طراحی سیستم باید به‌گونه‌ای باشد تا منابع تخصیص داده‌شده به هر کاربر از دیگر کاربران ایزوله شده باشد[23].

سیستم مدیریت یکپارچه منابع باید به کاربر این اطمینان را بدهد که داده‌ها و منابع به‌هیچ‌عنوان در معرض تهدیدات امنیتی قرار نخواهند گرفت و استفاده از یک بستر فیزیکی مشترک برای کاربران و مشتریان متفاوت، با ایزوله کردن منابع، دسترسی‌ها و داده‌ها امکان‌پذیر است. درواقع این سیستم باید از قابلیت اطمینان و قابلیت اعتماد[۴] بالایی برخوردار

---

[۱] Elasticity
[۲] Buffer Overflow
[۳] SQL Injection
[۴] Reliability

باشد و برنامه‌های کاربردی و کارهایی که روی عامل‌ها در حال اجرا هستند، به‌هیچ‌عنوان از کار نیافتند و مهم‌تر اینکه داده‌ها از بین نروند[24]. روشی که در معماری زیرساخت به‌عنوان خدمت برای این ویژگی طراحی گردید این است که برنامه‌ها را به‌گونه‌ای طراحی کنیم که بتوانند روی ماشین‌های مجازی اجرای خود را ادامه دهند و اگر یک سرور فیزیکی دچار مشکل شد برنامه بدون کوچک‌ترین اختلال در ارائه خدمت روی ماشین مجازی دیگر به فعالیت خود ادامه دهد. برای اطمینان از وجود نسخه-های مختلف از داده نیز، داده‌ها را به تکه‌های[1] کوچکی می‌شکنند و هر تکه را روی چندین سرور ذخیره می‌کنند[25]. همچنین طراحی سیستمی که به‌صورت توزیع‌شده منابع را مدیریت کند، باعث خرابی از یک نقطه نخواهد شد. در طراحی سیستم‌های کنترلی، تهدید خرابی از یک نقطه کمتر موردتوجه قرار می‌گیرد. سیستم مدیریت منابع یکپارچه، با توجه به اینکه تمامی منابع زیرساخت ابر را باید کنترل و مدیریت کند و خرابی آن بسیار زیان‌بار خواهد بود، می‌بایست حتماً به‌صورت توزیع‌شده و یا کلاستر پیاده‌سازی گردد.

۳-۴- مدیریت:

پشتیبانی از تجهیزات و سخت‌افزارهای جدید در کنار زیرساخت موجود، برای فراهم نمودن منابع محاسباتی، شبکه‌ای و ذخیره‌سازی از اولویت‌های سیستم مدیریت یکپارچه منابع است. این سیستم می‌بایست از تمامی منابع ناهمگون موجود در مرکز داده پشتیبانی کند و قابلیت انتزاع و مجازی‌سازی این منابع ناهمگون را داشته باشد[11]. برای مثال می‌توان به پشتیبانی از معماری‌های مختلف ازجمله **x86** و یا پشتیبانی از محصولات شرکت‌های مختلف و وابسته نبودن به محصول یک شرکت اشاره کرد.

مدیریت یکپارچه منابع، سطح انتزاع را به‌گونه‌ای افزایش می‌دهد که همه اجزا به‌صورت انتزاعی و مجازی باشند و بتوانند سریع باهم ترکیب‌شده و برنامه‌ها و سکوهای سطح بالاتری را تشکیل دهند. این سیستم یک مخزنی از منابع برای تخصیص به حجم کارها فراهم می‌کند و اگر یک بخش نتواند لایه انتزاعی با پایداری و استحکام کافی برای درخواست‌های خود فراهم کند، برای محاسبات ابری مناسب نخواهد بود. در محاسبات ابری، نگهداری تصویر[2] ماشین مجازی به‌تنهایی کافی نیست و نگهداری قالب[3] اهمیت بیشتری دارد. در حقیقت قالب نگهداری می‌شود و تصویر از روی قالب ایجاد می‌شود[26]. یک انتزاع پایدار با فراهم نمودن قالب‌ها و الگوهای مناسب برای تخصیص منابع در زمان درخواست به وجود می‌آید.

یکی دیگر از اصلی‌ترین اهداف سیستم مدیریت یکپارچه منابع، تنظیم خودکار و مدیریت پویای منابع است. منابع باید به‌صورت پویا و توسط خود سیستم

---

[1] Chunk
[2] Image
[3] Template

مدیریت شوند و مدیر سیستم و کاربر، کمترین نقش را در مدیریت آن داشته باشد[18]. تخصیص منابع به حجم کارها و ماشین‌های مجازی بر اساس میزان درخواست آن‌ها و با توجه به سیاست‌ها و الگوها انجام خواهد شد. سیستم به‌صورت پویا و در زمان‌های موردنیاز منبعی را از یک حجم کار می‌گیرد و یا به آن اختصاص می‌دهد.

مدیریت و تنظیم پویای حجم کار نیز یکی از زیر معیارهای مدیریت منابع است. از مفهوم «حجم کار» به‌طور گسترده در محاسبات توری، برای تعریف و مشخص کردن کارها و منابع و پیش‌بینی و بهینه‌سازی منابع برای کارها، برای کسب کارایی بالا، استفاده می‌شود[27]. حجم کار در حوزه‌ی مدیریت منابع، اغلب متشکل از یک ارتباط پیچیده بین خدمات، کاربردها، میان‌افزارها، عوامل مدیریت و پایگاه‌های داده توزیع‌شده است که توسط لایه انتزاع حجم کار مشخص می‌گردد. اجرای صحیح یک حجم کار، نیازمند ارتباط و نگاشت این اجزاء با منابع زیرساخت مناسب، بر اساس اهداف و سیاست‌های موردنظر و مشخص آن حجم کار است[28]. این سیاست‌ها شامل نیازمندی‌هایی چون دسترسی-پذیری مداوم، توزیع بار خودکار، جابه‌جایی ماشین‌های مجازی به‌صورت خودکار و مقیاس‌پذیری خودکار، برای برآورده کردن اهداف سطح خدمت است.

۳-۵- بهینگی:

همان‌طور که پیش‌ازاین اشاره شد بالا بردن کارایی خدمات ارائه‌شده در ابر مستلزم مدیریت منابع زیرساخت آن با آگاهی از دیگر منابع است. این مشخصه شاید یکی از ویژگی‌های متمایز سیستم مدیریت یکپارچه منابع از سیستم‌های دیگر است. چنانچه برنامه‌ای نتواند در این سیستم به‌سرعت و سهولت تحویل داده شود، کاندیدای خوبی برای آن نخواهد بود. تدارک سریع خدمت به همراه کاهش زمان پاسخ برای خدمات حساس به تأخیر نیز از اهداف اصلی سیستم مدیریت منابع یکپارچه است. این سیستم با آگاهی از میزان منابع تخصیص داده‌شده به حجم کارها می‌تواند منابع را به‌گونه‌ای به درخواست‌های جدید تخصیص دهد که به کاهش زمان پاسخ و افزایش سطح کیفیت خدمت بیانجامد. برای مثال در مَپ‌ریدوس[۱] [29]، این سیستم می‌تواند با پویش میزان منابع مصرفی یک ماشین مجازی عامل[۲] که وظیفه‌ی نگاشت[۳] و یا کاهش[۴] را بر عهده دارد و یا میزان پهنای باند اشغال‌شده توسط این ماشین، کار ورودی جدید را به ماشینی تحویل دهد که نتیجه آن در کمترین زمان ممکن تحویل داده شود. در ضمن هر سیستم مدیریت یکپارچه‌ی منابعی که طراحی می‌شود باید به‌گونه‌ای باشد که سرباری به سیستم اضافه نکند.

---

[۱] MapReduce
[۲] Worker
[۳] Map
[۴] Reduce

۳-۶- تعامل:

با توجه به تغییر ماهیت ارائه و دریافت خدمات با استفاده از محاسبات ابری، خدمت‌های ارائه‌شده در زیرساخت ابری باید دسترسی‌پذیری ۹۹,۹۹۹ را داشته باشند و هیچ‌گاه از دسترس خارج نشوند. البته این مقدار جنبه عمومی دارد و میزان دسترسی‌پذیری خدمت به نوع خدمت و درجه اهمیت آن بستگی دارد[30]. برای مثال درجه اهمیت خدمت به اشتراک‌گذاری عکس با خدمت‌های خدمات پزشکی هیچ‌گاه قابل‌مقایسه نیست. درگذشته این موضوع به معنای استفاده از سرورهایی بود که بتوانند با کمترین میزان در دسترس نبودن[۱]، تعمیر شوند، اما امروزه این کار به این معناست که اجزای زیرساخت برنامه-های کاربردی می‌توانند بدون هیچ‌گونه اختلالی در دسترس‌پذیری و امنیت، جایگزین شده و یا ارتقا داده شوند. از نیازمندی‌های ارائه خدمت در بستر ابر این است که کاربر در هرلحظه از روز بتواند به خدمات موردنظر خود دسترسی داشته باشد، بنابراین سیستم مدیریت یکپارچه منابع، منابع را با توجه به میزان درخواست‌ها و حجم کارها و بر اساس الگوهای تعریف‌شده، به‌صورت پویا در اختیار درخواست‌کننده ی منبع قرار می‌دهد.

این سیستم می‌بایست درگاه‌هایی برای مدیریت منابع موردنیاز برای سطوح مختلف کاربران فراهم نماید[31]. مدیر سیستم فراهم‌کننده‌ی زیرساخت به‌عنوان خدمت، سیاست‌ها و الگوها را به‌گونه‌ای تعریف می‌کند که مشتریان نتوانند بیش ازآنچه بابت آن هزینه پرداخت کرده‌اند مصرف نمایند. مشتریان با استفاده از درگاهی که در اختیاردارند می‌توانند روی منابعی که در اختیاردارند نظارت داشته باشند و سیاست‌ها و الگوهای موردنظر خود را تعریف نمایند. سیستم کنترل و مدیریت زیرساخت نرم‌افزار محور نیز با توجه به سیاست‌ها و الگوها، منابع را به‌صورت پویا به حجم کارها تخصیص می‌دهد. کاربران برای پویش میزان منابع مصرفی و منابع آزاد نیز می‌توانند از درگاه و یا داشبوردی که سیستم در اختیار آن‌ها می‌گذارد استفاده نمایند.

سیستمی که طراحی می‌شود می‌بایست قابل پیاده‌سازی باشد. اگر سیستمی که طراحی می‌شود پیچیدگی زیادی داشته باشد مدیران شبکه از آن استقبال نخواهند کرد، بنابراین سیستمی مناسب است که پیکربندی آن ساده و قابل پیاده‌سازی باشد.

۴- ارزیابی مدیریت منابع زیرساخت نرم-افزار محور و محیط ابر نرم‌افزار محور بر اساس معیارها

پس از بررسی معماری ارائه‌شده توسط دانشگاه تورنتو در [12] ,[11] و همچنین معماری ارائه‌شده توسط آی‌بی‌ام در [17] ,[16] در بخش ۲، حال به ارزیابی این دو معماری بر اساس معیارهای معرفی شده در بخش ۳ می‌پردازیم. ملاک ارزیابی، مجموعه ویژگی‌هایی[۲] هست که طراحان هر دو سیستم در

---

[۱] Downtime

[۲] Feature Set

مقالات خود به آن‌ها اشاره‌کرده‌اند. هر دو سیستم ارائه‌شده، قابلیت‌های بسیار فراوانی به زیرساخت به‌عنوان خدمت ابر اضافه می‌کنند. افزایش بهره‌وری و کارایی زیرساخت به همراه فراهم نمودن منابع برای لایه‌های بالایی ابر و فراهم نمودن منابع مجازی جدا از هم برای چندین مشتری به جهت بالا بردن امنیت، از قابلیت‌های فراهم‌شده توسط هر دو سیستم است. از دیگر نقاط مشترک هر دو سیستم استفاده از اُپن استک برای فراهم نمودن زیرساخت به‌عنوان خدمت ابر است.

مدلی که توماس لین و همکاران بانام سیستم مدیریت منابع زیرساخت نرم‌افزار محور معرفی کردند بیشتر بر قسمت شبکه‌ای زیرساخت ابر تمرکز دارد. در این مدل، کنترل‌کننده‌ی زیرساخت نرم‌افزار محور به‌صورت ماژولار پیاده‌سازی شده است و با استفاده از اطلاعاتی که از کنترل‌کننده‌ی ابر، کنترل‌کننده‌ی شبکه‌ی نرم‌افزار محور و مدیریت توپولوژی دریافت می‌کند، ترافیک‌های انتها به انتها را مسیریابی می کند. افزایش کیفیت سطح خدمت برای ترافیک‌های حساس به تأخیر، از مزایای اصلی این سیستم است. یکی دیگر از مهم‌ترین مزایای آن‌که در آزمایش‌های شبیه‌سازی مشاهده‌شده است، مقیاس‌پذیری بالا و قابلیت پاسخ‌گویی به هر میزان درخواست از طرف شبکه است. همچنین این سیستم قادر است تا به هر میزان، ماژول کنترل شبکه به آن اضافه گردد و کارایی آن در سطح مطلوب باقی بماند. ماژول کنترل شبکه‌ی سیستم مدیریت منابع زیرساخت نرم‌افزار محور، برای ارتباط با کنترل‌کننده‌ی شبکه‌ی نرم‌افزار محور از درگاه‌های استاندارد رِست‌فول[۱] استفاده می-کند.

مشکل اصلی سیستم مدیریت منابع زیرساخت نرم‌افزار محور عدم تمرکز بر دیگر اجزای زیرساخت ابر همچون منابع ذخیره‌سازی است. البته به دلیل ماژولار بودن این سیستم در آینده، قابلیت اضافه کردن بخش‌هایی برای مدیریت و کنترل منابع محاسباتی و ذخیره‌سازی ممکن است وجود داشته باشد. از دیگر ایرادات سیستم مذکور، قابلیت شکست از یک نقطه[۲] است. تمامی تصمیم‌گیری‌ها برای منابع زیرساخت ابر، به یک سیستم واگذارشده است که در صورت خرابی، کل سیستم با مشکل مواجه می‌شود. کنترل‌کننده‌ی شبکه‌ی نرم‌افزار محور، کنترل‌کننده ی ابر و مدیریت توپولوژی تمامی رخدادهای زیرساخت را می‌بایست برای تصمیم‌گیری، برای مدیریت زیرساخت نرم‌افزار محور ارسال نمایند تا بر اساس اطلاعات دریافتی، تصمیم‌گیری نماید، حال اگر این سیستم دچار اختلال گردد نیازمندی‌های کیفیت سطح خدمت برای ترافیک‌های حساس تأمین نخواهد شد. این سیستم همچنین تخصیص پویای منابع به حجم کارها را در نظر نمی‌گیرد. مدیریت و تنظیم پویای حجم کار از مهم‌ترین قابلیت‌های یک سیستم مدیریت یکپارچه‌ی منابع است و بدون این قابلیت، سیستم قادر به استفاده بهینه از منابع نخواهد

---

[۱] RESTful

[۲] Single Point of Failure

بود. یکی دیگر از ایرادات این سیستم فراهم نکردن داشبورد برای پویش و مانیتورینگ منابع آزاد و تخصیص داده‌شده به ماشین‌های مجازی است. مدیر سیستم مدیریت یکپارچه‌ی منابع با استفاده از یک داشبورد مناسب می‌تواند بر منابع زیرساخت ابر نظارت داشته باشد و بر اساس میزان منابع آزاد و تخصیص‌یافته، سیاست‌های موردنظر خود را اعمال کند.

مدل محیط ابر نرم‌افزار محور که توسط آی‌بی‌ام معرفی‌شده است به یکپارچه‌سازی تمامی منابع زیرساخت ابر می‌پردازد و معماری جامعی ارائه می دهد. شکل ۶، معماری مرجع این سیستم را نشان می‌دهد و با تعریف الگوهای مختلف برای حجم کارها، انتزاع منابع، یکپارچه‌سازی منابع و مدیریت و کنترل متمرکز، تخصیص خودکار منابع بر اساس تقاضا و بهینه‌سازی مصرف منابع در مرکز داده را بر عهده داد. از دیگر مزایای این سیستم، توجه به میزان حجم کار و تخصیص منابع به آن‌ها بر اساس میزان نیاز و تغییر منابع تخصیص‌یافته در زمان و برحسب تقاضا است. سیستم مدیریت منابع زیرساخت نرم‌افزار محور فاقد چنین قابلیتی است و حجم کار را در نظر نمی‌گیرد. انتزاع حجم کار، تعریف الگو و تنظیم خودکار حجم کار[1] یکی از مهم‌ترین نیازمندی‌های زیرساخت به‌عنوان خدمت ابر است. مدیریت دسترسی‌پذیری آسان و قرار دادن پویای ماشین‌های مجازی روی میزبان‌ها در زمان ازکارافتادن و یا عبور از حد آستانه مصرف منابع در یک میزبان، قابلیتی است که سیستم محیط ابر نرم‌افزار محور فراهم می‌کند.

محیط ابر نرم‌افزار محور فاقد سیستمی برای آگاهی از توپولوژی است. مدیریت توپولوژی فهرستی از منابع شبکه، ارتباط بین آن‌ها، وضعیت تجهیزات و لینک‌های ارتباطی، پیکربندی تجهیزات شبکه و میزان منابع آزاد و مصرف‌شده در شبکه را نگهداری می‌کند. سیستم مدیریت یکپارچه‌ی منابع در صورت عدم آگاهی از توپولوژی شبکه قادر به واکنش سریع و مناسب در زمان رخداد خرابی در شبکه نخواهد بود.

از نقاط ضعف مشترک هر دو سیستم می‌توان به تمرکز بر اُپن استک برای فراهم نمودن زیرساخت به‌عنوان خدمت اشاره کرد. سیستم مدیریت یکپارچه‌ی مناسب، نباید محدود به یک سیستم برای فراهم نمودن لایه‌ی زیرساخت باشد و باید این قابلیت را داشته باشد تا از هر سیستمی که چنین بستری را برای آن فراهم می‌کند، استفاده نماید. از نقاط قوت هر دو سیستم، توجه به فراهم نمودن لایه‌ی انتزاع پایدار است. استفاده از یک فوق ناظر پایدار برای فراهم نمودن انتزاع منابع سخت‌افزاری، قابلیت مدیریت منابع را به‌صورت بهینه‌تر و کاراتر برای سیستم مدیریت یکپارچه‌ی منابع فراهم می‌کند. جدول ۱، قابلیت‌های هر دو سیستم مذکور را بر اساس مجموعه ویژگی‌های هر دو سیستم نشان می‌دهد. قابلیت‌هایی که به آن‌ها در مقالات اشاره‌ای

[1] Workload Orchestration

نشده است و نسبت به وجود و یا عدم وجود آن‌ها اطمینان نداریم نیز با عنوان «مشخص نیست» نشان داده‌شده‌اند.

۵- نتیجه‌گیری و کارهای آتی

مدیریت یکپارچه‌ی منابع ناهمگون و پاسخ‌گویی پویا به حجم کارهای ورودی به ابر از مهم‌ترین اهداف سیستم‌های مدیریت یکپارچه‌ی منابع می‌باشند. در این مقاله ابتدا به معرفی دو سیستم مدیریت یکپارچه‌ی منابع زیرساخت ابر اشاره شد. سیستم‌های مدیریت منابع زیرساخت نرم‌افزار محور توسط دانشگاه تورنتو و محیط ابر نرم‌افزار محور توسط آی-بی‌ام، هر یک در پی فراهم نمودن بستری برای مدیریت یکپارچه‌ی منابع ناهمگون زیرساخت ابر هستند. سیستم مدیریت منابع زیرساخت نرم‌افزار محور بیشتر بر روی قسمت شبکه‌ای زیرساخت تمرکز دارد و مدیریت ذخیره‌سازها را لحاظ نمی‌کند. محیط ابر نرم‌افزار محور نه‌تنها به مدیریت یکپارچه‌ی تمامی منابع ناهمگون زیرساخت ابر می‌پردازد، بلکه به حجم کارهای ورودی و تخصیص خودکار منابع به آن‌ها بر اساس نیازمندی‌ها، سیاست‌ها و الگوهای تعریف‌شده توجه دارد. در این مقاله همچنین به اهداف و معیارهای سیستم‌های مدیریت یکپارچه‌ی منابع اشاره شد و هریک از این معیارها به‌اختصار شرح داده شد. در ادامه به مقایسه دو سیستم مذکور بر اساس مجموعه ویژگی‌های هردو پرداخته شد و هر دو سیستم مورد ارزیابی قرار گرفت.

تحلیل معماری‌های مورداشاره در این مقاله با استفاده از شبیه‌سازی نیازمند دسترسی به‌تمامی اجزاء معماری به همراه کد قسمت‌های مختلف آن است که با توجه به درخواست از نویسندگان مقالات، این امر ممکن نشد. کارهای آتی می‌تواند شامل طراحی و پیاده‌سازی سیستم کنترل یکپارچه‌ی منابع ناهمگون زیرساخت ابر با استفاده از توسعه‌ی کنترل‌کننده‌های متن‌باز باشد. پردازش داده‌های حجیم از قابلیت‌هایی است که می‌بایست در کنار یکپارچه‌سازی منابع و تخصیص خودکار منابع به حجم کارها، موردتوجه قرار گیرد.

(جدول-۱): مقایسه‌ی دو سیستم مدیریت یکپارچه‌ی منابع بر اساس مجموعه ویژگی‌ها

ردیف	معیارهای سیستم مدیریت یکپارچهٔ منابع	سیستم مدیریت منابع زیرساخت نرم‌افزار محور	محیط ابر نرم‌افزار محور
۱	کاهش هزینهٔ اولیهٔ راه‌اندازی	مشخص نیست	مشخص نیست
۲	کاهش هزینهٔ تعمیرات و نگهداری	مشخص نیست	مشخص نیست
۳	کاهش اجاره‌بها برای مشتری	مشخص نیست	مشخص نیست
۴	قابلیت انعطاف‌پذیری	دارد	دارد
۵	قابلیت مقیاس‌پذیری	دارد	دارد
۶	قابلیت گسترش	دارد	دارد

۷	قابلیت اطمینان	دارد	دارد
۸	قابلیت اعتماد	مشخص نیست	دارد
۹	جلوگیری از شکست از یک نقطه	ندارد	دارد
۱۰	حقوق دسترسی	مشخص نیست	مشخص نیست
۱۱	تضمین دسترسی	مشخص نیست	مشخص نیست
۱۲	پشتیبانی از منابع ناهمگون	ندارد	دارد
۱۳	مدیریت پویای منابع	دارد	دارد
۱۴	یکپارچه‌سازی کنترل منابع مختلف	ندارد	دارد
۱۵	فراهم نمودن لایهٔ انتزاع پایدار	دارد	دارد
۱۶	مدیریت و تنظیم پویای و حجم کار	ندارد	دارد
۱۷	کاهش سربار	ندارد	ندارد
۱۸	کاهش زمان پاسخ	دارد	مشخص نیست
۱۹	افزایش کارایی	دارد	دارد
۲۰	تدارک سریع منابع	مشخص نیست	دارد
۲۱	دسترسی‌پذیری مداوم	ندارد	دارد
۲۲	اجتناب از پیچیدگی	دارد	ندارد
۲۳	فراهم نمودن رابط کاربری	دارد	دارد
۲۴	فراهم نمودن داشبورد	ندارد	دارد

۶- مراجع

[1] *M. Nguyen, Kim-Khoa, Cheriet, Mohamed, Lemay, "Enabling Infrastructure as a Service (IaaS) on IP Networks : From Distributed to Virtualized Control Plane," IEEE Commun. Mag., vol. 0163-6804/, no. January, pp. 136–144, 2013.*

[2] *A. Fox, R. Griffith, and A. Joseph, "Above the clouds: A Berkeley view of cloud computing," Univ. California, Berkeley, Tech. Rep. UCB 07-013, 2009.*

[3] *"Amazon EC2." [Online]. Available: https://aws.amazon.com/ec2/.*

[4] *"Amazon S3." [Online]. Available: https://aws.amazon.com/s3/.*

[5] *K. Bakshi, "Considerations for Software Defined Networking (SDN): Approaches and use cases," in 2013 IEEE Aerospace Conference, 2013, pp. 1–9.*

[6] *A. Lara, A. Kolasani, and B. Ramamurthy, "Network Innovation using OpenFlow: A Survey," IEEE Commun. Surv. Tutorials, vol. 16, no. 1, pp. 493–512, 2014.*

[7] *H. Kim and N. Feamster, "Improving*

Network Virtualization Layer," Network, p. 15, 2009.

[16] C. Li, B. Brech, and S. Crowder, "Software defined environments: An introduction," IBM J. Res. Dev. 58(2/3) 11-111, 2014.

[17] K. K. Quintero D. Genovese W. "IBM Redbooks | IBM Software Defined Environment." 14-Aug-2015.

[18] Q. Duan, "Modeling and Performance Analysis for Composite Network–Compute Service Provisioning in Software-Defined Cloud

Environments," Digit. Commun. Networks, Jun. 2015.

[19] D. Quintero et al. IBM Redbooks | IBM Software Defined Environment. 2015.

[20] Stephen Watts and Joe Hertvik, "CapEx vs OpEx for IT & Cloud," 2018. [Online]. Available: https://www.bmc.com/blogs/capex-vs-opex/. [Accessed: 12-Jul-2018].

[21] J. A. Wickboldt, R. P. Esteves, M. B. de Carvalho, and L. Z. Granville, "Resource management in IaaS cloud platforms made flexible through programmability," Comput. Networks, vol. 68, pp. 54–70, Aug. 2014.

[22] R. Ghosh, F. Longo, V. K. Naik, and K. S. Trivedi, "Modeling and performance analysis of large scale IaaS Clouds," Futur. Gener. Comput. Syst. vol. 29, no. 5, pp. 1216–1234, Jul. 2013.

[23] F. Amato, F. Moscato, V. Moscato, and F. Colace, "Improving security in cloud by formal modeling of IaaS resources," Futur. Gener. Comput. Syst. 2018.

[24] E. Ataie, R. Entezari-Maleki, S. E. Etesami, B. Egger, D. Ardagna, and A. Movaghar, "Power-aware performance analysis of self-adaptive resource management in IaaS clouds," Futur. Gener. Comput. Syst. 2018.

network management with software defined networking," IEEE Commun. Mag. vol. 51, no. 2, pp. 114–119, Feb. 2013.

[8] Y. Jararweh, M. Al-Ayyoub, A. Darabseh, E. Benkhelifa, M. Vouk, and A. Rindos, "Software defined cloud: Survey, system and evaluation," Futur. Gener. Comput. Syst. vol. 58, pp. 56–74, Nov. 2015.

[9] A. Singh, M. Korupolu, and D. Mohapatra, "Server-storage virtualization: integration and load balancing in data centers, SC - Int. Conf. High Perform. Comput. Networking, Storage Anal. 2008.

[10] "ViPR Controller Software-defined Storage | EMC." [Online]. Available: http://www.emc.com/vipr. [Accessed: 08-Aug-2017].

[11] T. Lin, J.M. Kang, H. Bannazadeh, and A. Leon-Garcia, "Enabling SDN applications on Software-Defined Infrastructure," in 2014 IEEE Network Operations and Management Symposium (NOMS), 2014, pp. 1–7.

[12] J.M. Kang, H. Bannazadeh, H. Rahimi, T. Lin, M. Faraji, and A. Leon-Garcia, "Software-defined infrastructure and the Future Central Office," in 2013 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC), 2013, pp. 225–229.

[13] J. Kang, H. Bannazadeh, and A. Leon-garcia, "SAVI Testbed : Control and Management of Converged Virtual ICT Resources," pp. 664–667, 2013.

[14] X. Wen, G. Gu, Q. Li, Y. Gao, and X. Zhang, "Comparison of open-source cloud management platforms: OpenStack and OpenNebula," 2012 9th Int. Conf. Fuzzy Syst. Knowl. Discov. no. Fskd, pp. 2457–2461, May 2012.

[15] R. Sherwood et al. "FlowVisor: A

[25] *B. Hindman, A. Konwinski, and M. Zaharia, "Mesos: A Platform for Fine-Grained Resource Sharing in the Data Center." NSDI, 2011.*

[26] *S. S. Sahasrabudhe and S. S. Sonawani, "Comparing openstack and VMware," in 2014 International Conference on Advances in Electronics, Computers and Communications, ICAECC 2014, 2015.*

[27] *W. Arnold and D. Arroyo, "Workload orchestration and optimization for software defined environments," IBM J. Res. Dev. 58(2/3) 111-1112, 2014.*

[28] *M. Kalantar and F. Rosenberg, "Weaver: Language and runtime for software defined environments," IBM J. Res. Dev. 2014.*

[29] *J. Dean and S. Ghemawat, "MapReduce: simplified data processing on large clusters," Commun. ACM, 2008.*

[30] *B. Liu, X. Chang, Z. Han, K. Trivedi, and R. J. Rodríguez, "Model-based sensitivity analysis of IaaS cloud availability," Futur. Gener. Comput. Syst. vol. 83, pp. 1–13, Jun. 2018.*

[31] *F. Callegati, W. Cerroni, C. Contoli, and G. Santandrea, "Performance of Network Virtualization in cloud computing infrastructures: The OpenStack case," in 2014 IEEE 3rd International Conference on Cloud Networking (CloudNet), 2014, pp. 132–137.*

محمد بیات مدرک کارشناسی خود را در رشته ادبیات انگلیسی در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه قم و مدرک کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش شبکه‌های کامپیوتری در سال ۱۳۹۴ از دانشگاه امیرکبیر اخذ کرده است. ایشان در حال حاضر مدیرعامل شرکت ویرا رایان می‌باشند. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان اینترنت اشیاء، محاسبات ابری و محاسبات مه می‌باشد.

سید حسن هانی طبایی مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر از دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۶۶ و مدرک کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی کامپیوتر از دانشگاه صنعتی شریف در سال ۱۳۶۹ اخذ کرده است. ایشان در حال حاضر عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد کاشان هستند. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان اینترنت اشیاء، هوش تجاری و سیستم‌های تصمیم یار می‌باشد.