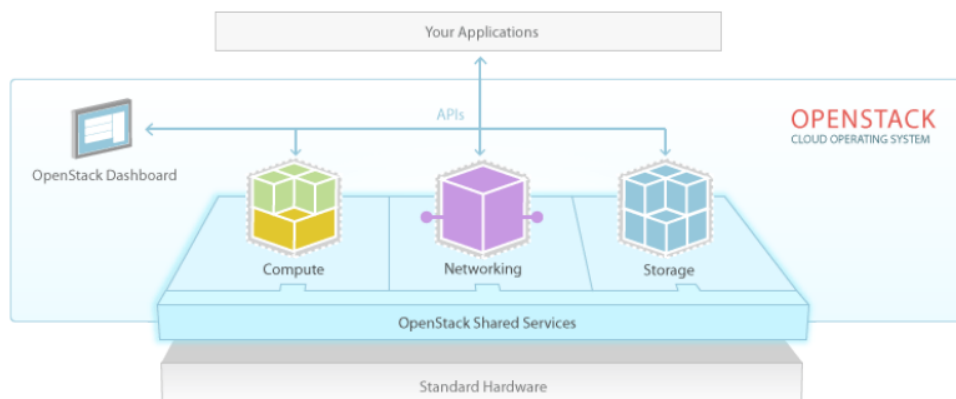


پروژه متن باز OpenStack

OpenStack به مجموعه ای از ابزارهای نرم افزاری متن باز گفته می شود که به منظور ساختن و مدیریت کردن زیرساخت های رایانش ابری شامل ابرهای خصوصی و عمومی بکار می رود و حوزه عملیاتی آن در رایانش ابری، ارائه زیرساخت به عنوان سرویس یا IaaS می باشد. این پروژه ی متن باز به کمک تعداد زیادی کمپانی بزرگ که سال هاست در زمینه های مختلف شبکه و... فعالیت دارند و هزاران توسعه دهنده دیگر، توسعه می یابد [24].



شکل ۱- پروژه این استک [24]

۳-۲-۱- مقدمه ای بر OpenStack

OpenStack این امکان را برای کاربران خود فراهم می کند تا ماشین های مجازی یا instances را با هدف مدیریت یا انجام وظایف مختلف، با مشخصات سخت افزاری و شبکه ای دلخواه، در مدت زمان بسیار کم بسازند. در محیط ابری، مقیاس پذیری به صورت افقی بوده به این معنا که افزودن و کاهش ماشین های مجازی بنا به بار کار آن ها، به راحتی امکان پذیر است. به طور مثال فرض کنید یک سرویس شبکه ای بر روی ۲ ماشین مجازی در حال پاسخ به درخواست کاربران است، اگر در این سناریو تعداد درخواست های وارد شده به این سرویس بیشتر از حد آستانه ای که قبلاً تعریف شده است، شود یک ماشین مجازی به این مجموعه اضافه و تعداد ماشین های در حال سرویس دهی را به ۳ عدد می رساند. به طور مشابه هنگامی که بار کاری به حالت قبل برگردد و در یک بازه زمانی مشخص از حد آستانه کمتر بماند ماشین ساخته شده بعد از این مدت مشخص پاک و پیکربندی محیط بروزرسانی می شود.

نکته ی مهمی که باید به آن اشاره شود این است که OpenStack پروژه ای متن باز است. بدین منظور که هرکسی می تواند به کد منبع آن دسترسی پیدا کند و تغییرات مورد نظر و یا مورد احتیاج خود را در آن اعمال نماید و آن ها را با جامعه OpenStack به اشتراک بگذارد. این بدین معناست که OpenStack از توانمندی هزاران توسعه دهنده در سراسر دنیا بهره می برد که منجر به بزرگ تر شدن و قدرتمندتر شدنش می شود.

۳-۲-۲- تاریخچه Openstack

در جولای ۲۰۱۰، شرکت Rackspace و NASA با همکاری هم پروژه متن باز رایانش ابری را شروع کردند که بعدها OpenStack نام گرفت. پروژه OpenStack برای کمک به سازمان ها برای راه اندازی سرویس های رایانش ابری بر روی سخت افزارهای استاندارد در نظر گرفته شد. اولین نسخه ارائه شده این جامعه با نام Austin بود و بعد از ۴ ماه تصمیم بر آن گرفته شد که به صورت دوره های ماهیانه بروز رسانی هایی برای این نرم افزار ارائه شود. بعدا پروژه ای با نام مستعار Nebula در سیستم Rackspace Cloud File platform به این منظور راه اندازی شد.

در سال ۲۰۱۱، برنامه نویسان Ubuntu پروژه OpenStack را به صورت پیش نمایشی با نام Bexar در Ubuntu نسخه ۱۱.۰۴ ارائه کردند. در نهایت در همان سال نیز Debian نیز پروژه OpenStack با نام Cactus بر روی سیستم عامل Debian Wheezy 7.0 ارائه کرد.

در اکتبر ۲۰۱۱، SUSE یک نسخه پیشنهادی از OpenStack با نام Diablo را ارائه کرد.

در سال ۲۰۱۲، RedHat اقدام به معرفی توزیعی از OpenStack با نام Essex نمود و پس از آن در سال ۲۰۱۳ گروه RedHat نسخه ای با پشتیبانی تجاری از OpenStack با نام Grizzly را در جولای ۲۰۱۳ معرفی نمود.

در دسامبر ۲۰۱۳، شرکت Oracle اقدام به ورود به پروژه OpenStack نمود و پروژه OpenStack را بر روی Oracle Solaris قرار داد.

در می ۲۰۱۴، شرکت HP سیستمی به نام HP Helion را معرفی کرد که نسخه نمایشی از سیستم OpenStack برای HP بود و بر پایه Icehouse قرار داشت.

۳-۲-۳- نسخه های مختلف OpenStack

هر یک از نسخه های این استک دارای نام متفاوتی هستند. این نام ها به وسیله کمیته فنی OpenStack پیشنهاد داده شده و انتخاب می شوند. لیست نسخه های Openstack به شرح زیر می باشد و در طول زمان به روز می گردد.

جدول - Error! No text of specified style in document. ۱- نسخه های این استک [24]

آخرین وضعیت	سال معرفی	نام نسخه
در حال توسعه	2018	Rocky
در حال عیب یابی در فاز دوم	2018	Queens
در حال پشتیبانی	2017	Pike
در حال پشتیبانی	2017	Ocata

Newton	2016	پایان پشتیبانی
Mikita	2016	پایان پشتیبانی
Liberty	2015	پایان پشتیبانی
Kilo	2015	پایان پشتیبانی
Juno	2014	پایان پشتیبانی
Icehouse	2014	پایان پشتیبانی
Havana	2013	پایان پشتیبانی
Grizzly	2013	پایان پشتیبانی
Folsom	2012	پایان پشتیبانی
Essex	2012	پایان پشتیبانی
Diablo	2011	پایان پشتیبانی
Cactus	2010	منسوخ شده
Bexar	2010	منسوخ شده
Austin	2010	منسوخ شده

آخرین اطلاع از وضعیت نسخه های مختلف در releases.openstack.org موجود است.

۳-۲-۴- توسعه دهندگان OpenStack

هم اکنون بیش از ۵۰۰ شرکت از جمله:

IBM

Fujitsu

Oracle

Yahoo

Citrix

Dell

AMD

Intel
Canonical Ltd
SUSE
HP
Cisco Systems

و شرکت‌ها و افراد بسیار زیاد دیگری به این پروژه پیوسته و در حال توسعه آن هستند.

۳-۲-۵- سرویس‌های Openstack

Openstack سرویس‌های مختلفی را ارائه می‌دهد، به عبارتی دیگر از پروژه‌های مختلفی تشکیل شده که در ادامه

لیست شده است:

- Application Catalog service (Murano)
- Backup, Restore, and Disaster Recovery service (Freezer)
- Bare Metal service (Ironic)
- Block Storage service (Cinder)
- Clustering service (Senlin)
- Compute service (Nova)
- Container Infrastructure Management service (Magnum)
- Containers service (Zun)
- Dashboard (Horizon)
- Data Processing service (Sahara)
- Data Protection Orchestration Service (Karbor)
- Database service (Trove)
- DNS service (Designate)
- EC2 API compatibility layer (Ec2-Api)
- Governance service (Congress)
- Identity service (Keystone)
- Image service (Glance)
- Infrastructure Optimization service (Watcher)
- Key Manager service (Barbican)
- Load-balancer service (Octavia)
- Messaging service (Zaqar)
- Networking automation across Neutron service (Tricircle)
- Networking service (Neutron)
- NFV Orchestration service (Tacker)
- Object Storage service (Swift)
- Orchestration service (Heat)
- RCA (Root Cause Analysis) service (Vitrage)
- Resource reservation service (Blazar)
- Search service (Searchlight)

- Shared File Systems service (Manila)
- Software Development Lifecycle Automation service (Solum)
- Telemetry Data Collection service (Ceilometer)

Openstack پروژه‌ای متن باز است، به همین دلیل هرکسی می‌تواند بر اساس نیاز خود مؤلفه و ویژگی جدیدی به آن اضافه کند. همانطور که در لیست بالا مشاهده می‌کنید این پروژه از زیر پروژه‌ها یا مولفه‌های زیادی تشکیل شده است. اما هسته اصلی آن شامل ۱۱ پروژه اصلی است که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

جدول زیر به شرح پروژه‌ها یا سرویس‌های این استک و عملکرد هر یک می‌پردازد.

جدول. Error! No text of specified style in document. ۱- سرویس‌های این استک [12,24]

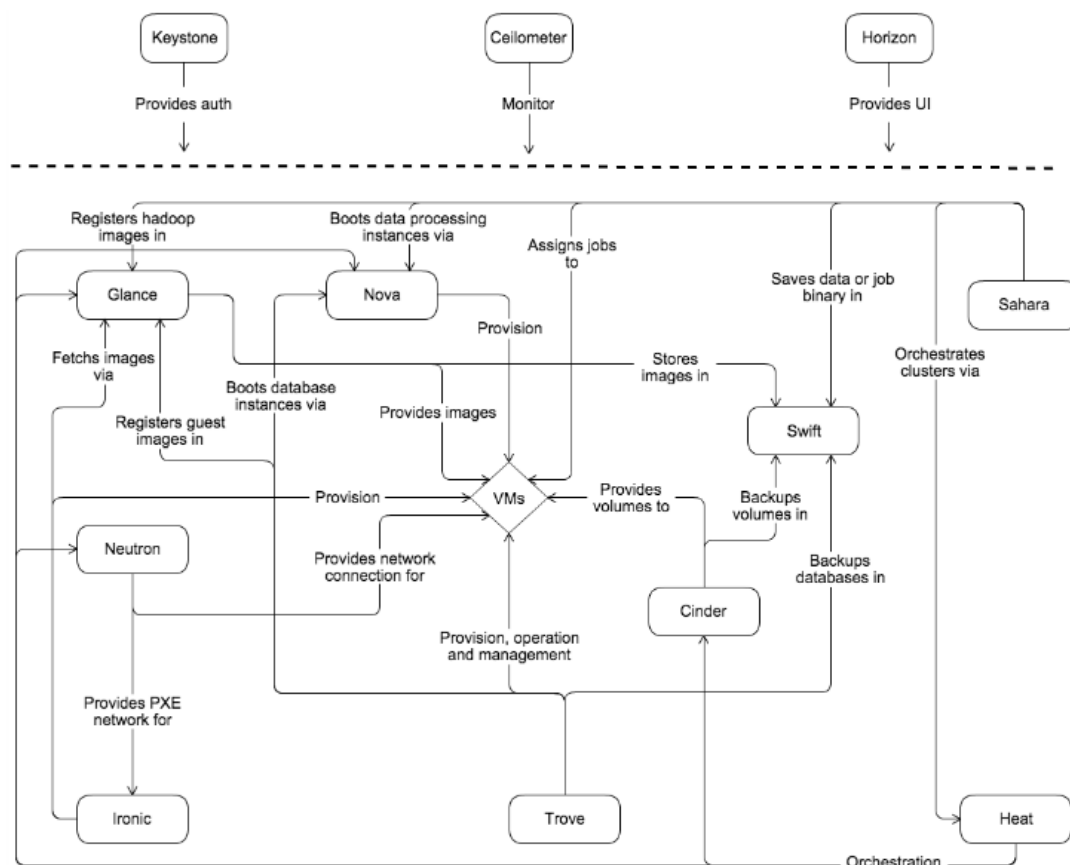
سرویس	نام پروژه	شرح عملکرد
Dashboard Service	Horizon	فراهم کننده یک پرتال از طریق وب به منظور مدیریت دیگر سرویس‌های این استک. با استفاده از این سرویس میتوان به آسانی کارهایی مانند راه-اندازی ماشین مجازی و اختصاص IP و مدیریت گروه‌های امنیتی را انجام داد.
Compute Service	Nova	مدیریت چرخه حیات ماشین‌های مجازی در محیط Openstack برعهده این سرویس است و اموری همچون ایجاد، زمانبندی اجرا و پاک‌سازی ماشین‌های مجازی برحسب نیاز را انجام می‌دهد.
Networking Service	Neutron	این مولفه، سرویس Network-Connectivity-as-a-Service را برای دیگر سرویس‌های openstack همچون compute، برای برقراری ارتباط با یکدیگر، فراهم می‌کند و با فراهم کردن یک API به کاربران

امکان تعریف شبکه‌ها و ارتباط با آنها را می‌دهد. این سرویس معماری pluggable داشته و از وندورها و تکنولوژی‌های مختلف شبکه پشتیبانی می‌کند.		
ذخیره و بازیابی انواع داده‌ها به کمک این سرویس و از طریق Restful API انجام می‌پذیرد و به دلیل نسخه برداری از داده‌ها، دارای قابلیت خطاپذیری بالایی است. پیاده‌سازی این سرویس همانند سرویسهای قدیمی file server با دایرکتوری‌های mountable نیست بلکه objectها و فایل‌ها را در درایوهای مختلف می‌نویسد تا تضمین شود که داده‌ها در طول کلاستر سرورها تکرار شده است.	Swift	Object Storage Service
Cinder بلاک های ذخیره سازی (block storages) پایدار برای اجرای ماشین‌های مجازی را فراهم می‌کند و از معماری pluggable برخوردار است.	Cinder	Block Storage Service
این مولفه، سرویس احراز هویت و مجوز دهی برای دیگر سرویس‌های اپن‌استک را فراهم می‌کند.	Keystone	Identity Service
وظیفه ذخیره‌سازی و بازیابی دیسک ایمج‌های ماشین‌های مجازی را برعهده دارد و سرویس compute از این ایمج‌ها برای فراهم کردن instanceها استفاده می‌کند.	Glance	Image Service
بررسی و مانیتور کردن سرویس‌های ابری برای فرایند billing ، مطالعات آماری و ... برعهده این سرویس است.	Ceilometer	Telemetry Service
وقتی یک سرویس cloud متشکل از مولفه‌های مختلف باشد که با همکاری یکدیگر یک سرویس را ارائه می‌دهند، آنگاه لازم است که این مولفه‌ها بخوبی مدیریت و هماهنگ شوند تا ارائه سرویس با مشکل مواجه نشود. Heat به عنوان یک هماهنگ کننده این کار را انجام می‌دهد. نحوه هماهنگی و همکاری با فرمت مشخصی در یک فایل نوشته می‌شود و Heat از روی این فایل می‌فهمد که به عنوان مثال با خراب شدن یکی از نودها چگونه دوباره هماهنگی ها را برقرار کند. در این راستا هم از فرمت hot که مخصوص خودش است و هم از فرمت AWS پشتیبانی می‌کند.	Heat	Orchestration Service
فراهم کننده سرویس پایگاه داده به عنوان سرویس (cloud database as a	Trove	Database

Service		می‌باشد. این سرویس انواع پایگاه داده‌های رابطه‌ای و غیر رابطه‌ای را شامل می‌گردد.
Data Processing service	Sahara	این سرویس امکان ایجاد کلاسترهای Hadoop در openstack را فراهم می‌کند.

۳-۲-۶- معماری Openstack

راه اندازی یک ماشین مجازی شامل اجرای بسیاری از فرایندها می‌باشد. تصویر زیر معماری مفهومی Openstack و ارتباط بین سرویس‌های آن را نشان می‌دهد. شرح ارتباط بر روی فلش مربوطه نوشته شده است.



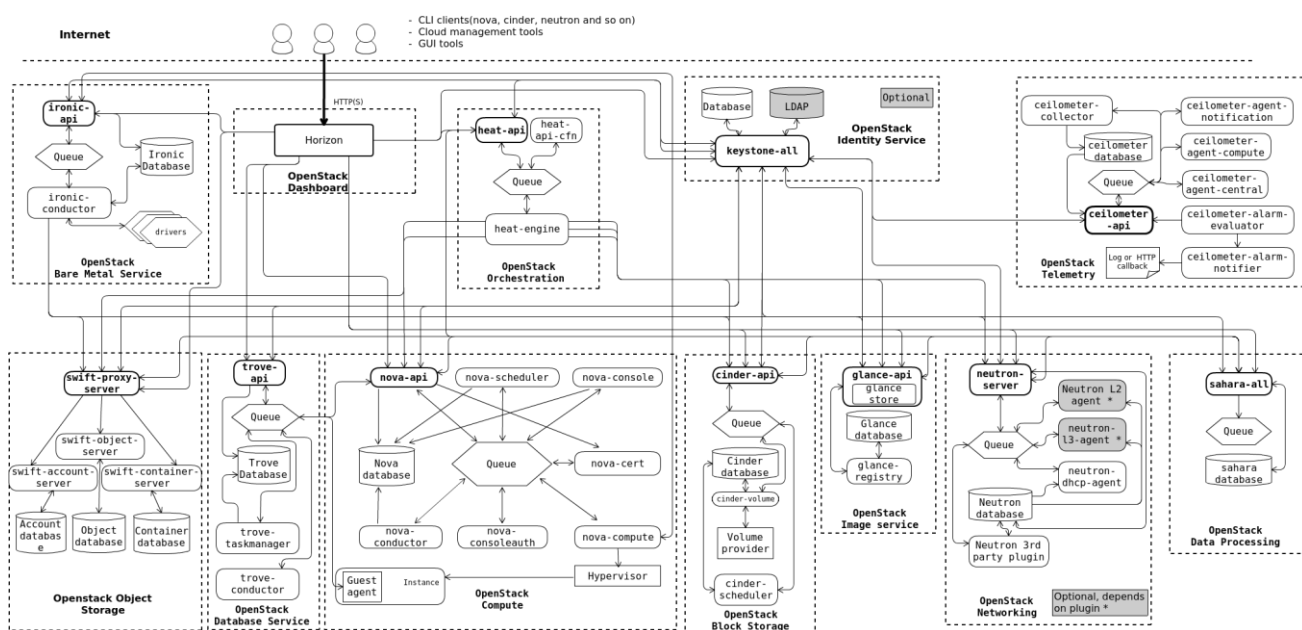
شکل. ۲-Error! No text of specified style in document. معماری کلی این استک [24]

طراحی، پیکربندی و پیاده‌سازی یک زیرساخت مجازی با استفاده از openstack نیازمند آشنایی با معماری منطقی آن است. همان‌طور که در معماری مفهومی نشان داده شد، openstack شامل بخش‌های مستقل مختلفی با نام سرویس‌های openstack است. فرایند احراز هویت در تمامی سرویس‌ها از طریق یک سرویس identity مشترک انجام می‌شود. سرویس‌ها، جز در موارد خاص، عموماً با سرویس‌های دیگر از طریق API های عمومی (public APIs) ارتباط برقرار می‌کنند. هر سرویس نیز خود متشکل از پردازش‌های مختلف است و همه سرویس‌ها حداقل یک پردازش API برای گوش دادن به درخواست‌های دیگر سرویس‌ها دارند. برای ارتباط میان پردازش‌های مختلف هر سرویس نیز از یک AMQP message broker استفاده می‌شود.

وضعیت سرویس‌ها در پایگاه داده ذخیره می‌شود و هنگام توسعه و پیکربندی زیرساخت می‌توان از میان brokerها و پایگاه داده‌های مختلف (مانند MySQL، RabbitMQ، MariaDB و SQLite) آنچه که برای پروژه مناسب تر است، انتخاب کرد.

کاربرها از طریق اینترفیس کاربری مبتنی بر وب که توسط داشبور horizon ارائه می‌شود، می‌توانند با openstack ارتباط برقرار کنند. فرایندی که توسط horizon و با ارسال درخواست‌های API از طریق ابزارهایی مانند browser plug-ins یا curl انجام می‌شود.

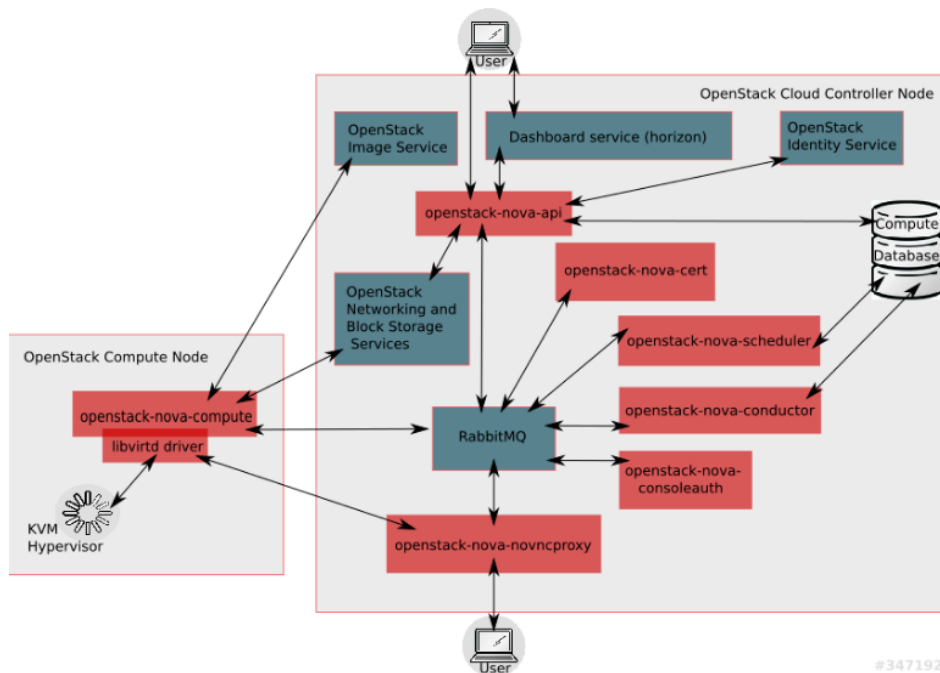
شکل زیر یک معماری بسیار متداول از openstack cloud را نشان می‌دهد.



شکل ۳- معماری این استک [24]

این معماری مولفه‌ها و API‌های اصلی هر یک از سرویس‌های OpenStack و همچنین نحوه ارتباط آن‌ها با یکدیگر را بخوبی نمایش می‌دهد. وبسایت مربوط به OpenStack جزئیات دقیق‌تری از هر سرویس، طول عمر، جزئیات سرویس و معماری آن ارائه می‌دهد.

از میان مولفه‌های مختلف OpenStack، سرویس compute از اهمیت بالایی برخوردار بوده و یک سرویس ضروری برای هر توسعه‌ای از OpenStack است. این سرویس که به عنوان قلب OpenStack شناخته می‌شود، امکان ایجاد ماشین‌های مجازی را فراهم می‌کند. نود compute با سرویس authentication برای احراز هویت، با Image service برای دسترسی به ایمیج مورد نظر برای فراهم کردن ماشین مجازی و همچنین با horizon به عنوان داشبورد مدیریتی کاربر در ارتباط است.



شکل ۴- مولفه‌های مختلف سرویس compute (Nova) [24]

سرویس compute از مولفه‌های مختلفی تشکیل شده است. شکل فوق این مولفه‌ها و ارتباطات آن‌ها را شرح می‌دهد. وبسایت RedHat شرح مناسبی از این مولفه‌ها ارائه می‌دهد که در ادامه آورده شده است [25]. دانستن عملکرد هریک از مولفه‌های nova برای یک ادمین شبکه یا developer ضروری است و عملاً بارها و بارها نیاز خواهد شد تا در فایل‌های پیکربندی هریک از آن‌ها تغییراتی ایجاد شود. شرح ارائه شده توسط RedHat جامع و مانع است.

Component	Description
openstack-nova-api	Handles requests and provides access to the Compute services (such as booting an instance).
openstack-nova-cert	Provides the certificate manager.
openstack-nova-compute	Creates and terminates virtual instances. Interacts with the Hypervisor to bring up new instances, and ensures that the state is maintained in the Compute database.
openstack-nova-conductor	Provides database-access support for Compute nodes (thereby reducing security risks).
openstack-nova-consoleauth	Handles console authentication.
openstack-nova-network	Handles Compute network traffic (both private and public access). Handles such tasks as assigning an IP address to a new virtual instance, and implementing security group rules.

openstack-nova-novncproxy	Provides a VNC proxy for browsers (enabling VNC consoles to access virtual machines).
openstack-nova-scheduler	Dispatches requests for new virtual machines to the correct node.
RabbitMQ server (rabbitmq-server)	Provides the AMQP message queue. This server (also used by Block Storage) handles the OpenStack transaction management, including queuing, distribution, security, management, clustering, and federation. Messaging becomes especially important when an OpenStack deployment is scaled and its services are running on multiple machines.
libvirt	The driver for the hypervisor. Enables the creation of virtual machines.
KVM Linux hypervisor	Computes supports the libvirt driver, using KVM as the hypervisor. The hypervisor creates virtual machines and enables their live migration from node to node. Note that OpenStack Bare Metal Provisioning (ironic) is also included as a technology preview in this release, which allows the provisioning of bare-metal machines (see Section 3.1, "OpenStack Bare Metal Provisioning (ironic)").
Database	Provides build-time and run-time infrastructure state.

شکل. Error! No text of specified style in document. ۵-شرح عملکرد مولفه‌های Nova [25]

همانطور که مشخص است Nova برای برای ایجاد ماشین‌های مجازی با hypervisor در ارتباط است که در شکل نشان داده شده از KVM استفاده شده است ولی از hypervisor های دیگری چون ESXI نیز می‌توان استفاده کرد.

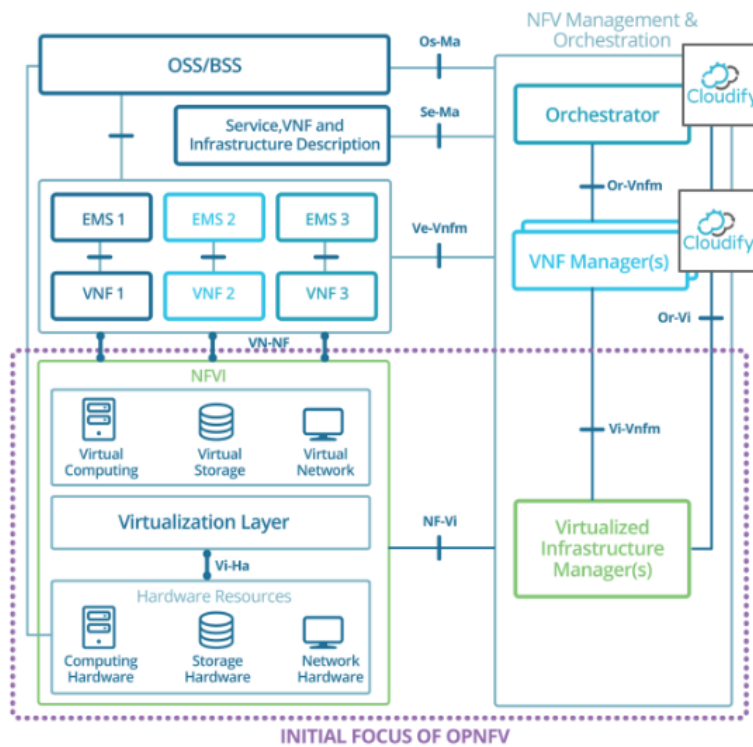
Kubernetes پروژه دیگری است که به نوعی می‌تواند جایگزین OpenStack باشد و در واقع یک container orchestration tool است. این پروژه برای ارائه برنامه‌های مبتنی بر تکنولوژی کانتینر مناسب است و هدف آن مدیریت کلاسترهایی از کانتینرها است. همچنان که داکر چرخه حیات کانتینر را مدیریت می‌کند، Kubernetes توسعه و جای دهی کانتینرها در ماشین‌های مجازی موجود یا جدید و هماهنگی میان آن‌ها را مدیریت می‌کند. [17,12].

Gigaspaces Cloudify

Cloudify یک پلتفرم برای تنظیم و هماهنگ سازی^۱ مولفه‌های مختلف یک سرویس شبکه در بستر ابر و با تکیه بر زبان TOSCA است که از معماری Model-Driven بهره می‌گیرد. Cloudify فرایند ایجاد، پیکربندی و توسعه برنامه‌ها و سرویس‌های شبکه در بستر ابر را اتوماتیک کرده و یک پیاده‌سازی کامل از زبان TOSCA است. در ابتدای کار، cloudify تنها یک cloud orchestrator مشابه با OpenStack HEAT بود ولی بعدها توسعه داده شد بطوریکه برای کاربردهای NFV نیز مناسب باشد و نسخه Cloudify Telecom Edition ارائه شد.

Cloudify یک معماری توسعه پذیر و سازگار با ارائه دهندگان IaaS/PaaS مختلف همچون AWS، openstack و Microsoft Azure دارد. این پروژه متن باز بوده و در repository عمومی نگهداری می‌شود و قابل دسترسی است و توسعه دهنده اصلی آن Gigaspaces است.

همانطور که گفته شد هدف اولیه Cloudify، orchestration در محیط‌های ابری بود ولی با توسعه آن علاوه بر NFVO، کامپوننت‌های VNFM عمومی نیز به آن اضافه شده است. شکل زیر جایگاه Cloudify در معماری NFV را نشان می‌دهد.

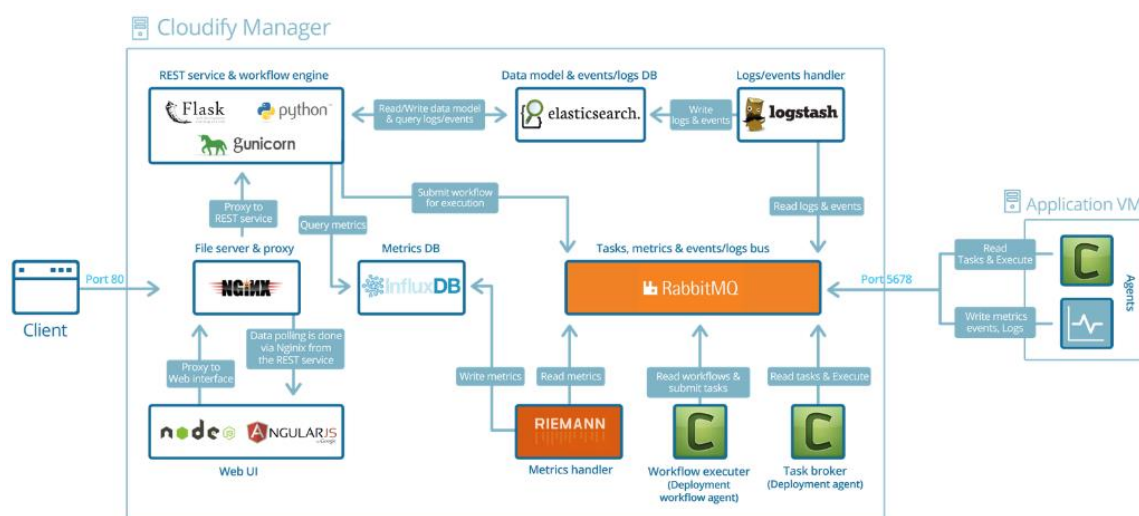


شکل ۶- جایگاه cloudify در معماری NFV [19]

نکته‌ای که وجود دارد این است که برخی از اینترفیس‌ها و عملکردهای تعریف شده توسط زیر گروه‌های NFV IFA (و نه گروه اصلی آن) در cloudify ارائه نشده است، لذا گفته می‌شود که cloudify با معماری اصلی NFV هماهنگ و سازگار است ولی در عین حال تمامی کامپوننت‌های تعریف شده توسط زیر گروه‌ها را ندارد.

معماری Cloudify

Cloudify از مولفه‌های مختلفی تشکیل شده است که در شکل زیر نشان داده شده است:



شکل ۷- معماری cloudify [19]

Cloudify manager همان orchestrator است که توسعه و مدیریت چرخه حیات برنامه‌ها را برعهده دارد.

cloudify agentها نیز برای اجرای چرخه‌های کاری در ماشین‌های مجازی استفاده می‌شوند.

معماری فوق شامل مولفه‌های زیر نیز هست:

Elastic search به عنوان یک پایگاه داده برای ذخیره اطلاعات وضعیت توسعه (deployment state) شامل داده‌های اجرایی (runtime) و لاگ‌های رسیده از کامپوننت‌های دیگر است.

Logstash برای پردازش لاگ‌های رسیده از کامپوننت‌ها و agentها استفاده می‌شود.

Reimann به عنوان یک policy engine برای پردازش تصمیمات اجرایی در مورد SLA، availability و مانیتورینگ استفاده می‌شود.

RabbitMQ به عنوان یک async transport برای ارتباطات میان کامپوننت‌ها شامل remote agentها استفاده می‌شود.

عملکردهای مورد نیاز برای orchestration، توسط پروژه ARIA TOSCA و با تعریف TOSCA-based blueprint و deployment workflow engine انجام می‌شود.

کامپوننت‌ها و پلاگین‌های مربوط به خود cloudify با زبان python توسعه داده شده است.

منابع و مراجع

- [1] W. Stallings, "Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud", 1st ed.: Addison-Wesley Professional, 2015.
- [2] D. Kreutz et al., "Software-defined networking: A comprehensive survey," Proceedings of the IEEE, vol. 103, no. 1, pp. 14–76, 2015.
- [3] Y. Jarraya, T. Madi, and M. Debbabi, "A Survey and a Layered Taxonomy of Software-Defined Networking," IEEE Commun. Surv. Tutorials, vol. 16, no. 4, pp. 1955–1980, 2014.
- [4] Hakiri, Akram, Aniruddha Gokhale, Pascal Berthou, Douglas C. Schmidt, and Thierry Gayraud. "Software-defined networking: Challenges and research opportunities for future internet." Computer Networks 75 (2014): 453-471.
- [5] "Network Functions Virtualisation; An Introduction, Benefits, Enablers, Challenges & Call for Action," SDN and OpenFlow World Congress, Darmstadt-Germany, Network Functions Virtualisation – Introductory White Paper, Oct. 2012.
- [6] R. Mijumbi, J. Serrat, J. L. Gorricho, N. Bouten, F. D. Turck, and R. Boutaba, "Network Function Virtualization: State-of-the-Art and Research Challenges," IEEE Communications Surveys Tutorials, vol. 18, no. 1, pp. 236–262, Firstquarter 2016.
- [7] "White Paper - Huawei Observation to NFV," Huawei Technologies Co., 2014.
- [8] ETSI, "Network Functions Virtualization (NFV); Terminology for Main Concepts in NFV," GS NFV 003 (v. 1.2.1) Dec. 2014.
- [9] N. F. V. NFV, "Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework (ETSI GS NFV 002 V1.1.1)," ETSI Industry Specification Group (ISG), 2013.
- [10] N. F. V. NFV, "Network Functions Virtualisation (NFV); Terminology for Main Concepts in NFV (ETSI GS NFV 003 V1.1.1)," ETSI Industry Specification Group (ISG), 2013.
- [11] N. F. V. NFV, "Network Functions Virtualisation (NFV); Virtual Network Functions Architecture (ETSI GS NFV-SWA 001 V1. 1.1)," ETSI Industry Specification Group (ISG), 2014.
- [12] Rajendra Chayapathi, Syed Farrukh Hassan, Paresh Shah, "Network Functions Virtualization (NFV) with a Touch of SDN", 1st ed.: Addison-Wesley Professional, 2015.
- [13] Free Ixia eBook: Demystifying NFV in Carrier Networks," SDxCentral, 24-Jun-2014. [Online]. Available: <https://www.sdxcentral.com/articles/featured/ixia-ebook-nfv-carrier-networks/2014/06/>. [Accessed: 19-Apr-2016].
- [14] White Paper,"Network Softwerization Impact", Hewlett Packard enterprise,2016
- [15] White Paper, "global cloud IMS Market Research", Frost & Sullivan corporation, 2017.
- [16] White Paper, "HPE and Metaswitch vIMS solution: Mobile IMS core transformation", Hewlett Packard enterprise and Metaswitch, 2017.
- [17]Amar Kapadia, Nicholas Chase, "Understanding OPNFV: Accelerate NFV Transformation using OPNFV", 2st ed.: Mirantis, Inc., 2017.
- [18] White Paper, "ONAP: Architecture Review", ONAP Corporation, 2017.
- [19] Miranis article: "What is the best NFV Orchestration platform? A review of OSM, Open-O, CORD, and Cloudify", [Online] <https://www.mirantis.com/blog/which-nfv-orchestration-platform-best-review-osm-open-o-cord-cloudify/>
- [20] Open baton article: "Open Baton Release 4 Architecture", [Online] <http://openbaton.github.io/features.html>

- [21] openstack docs: [Online] <https://docs.openstack.org/tacker/latest/user/index.html>
- [22] White Paper, “Introduction to Cloudify: Cloud Orchestration in Today’s Landscape”, Cloudify Corporation, 2017.
- [23] White Paper, “EXPERIENCE WITH NFV ARCHITECTURE, INTERFACES, AND INFORMATION MODELS”, prepared by the OSM End User Advisory Group, 2018.
- [24] Openstack docs: [Online] <https://docs.openstack.org>
- [25] RedHat article, “Openstack compute (NOVA)”, [Online] [access.redhat.com/ /documentation/en-US/Red_Hat_Enterprise_Linux_OpenStack_Platform/6/html/ Component_Overview/section-compute.html](https://access.redhat.com/documentation/en-US/Red_Hat_Enterprise_Linux_OpenStack_Platform/6/html/Component_Overview/section-compute.html)
- [26] White Paper, “Red Hat OpenStack Platform9 Red Hat Solution for Network Functions Virtualization”, RedHat corporation, 2017.
- [27] White Paper, “NFV reference architecture for deployment of mobile networks”, RedHat corporation, 2017.
- [28] White Paper, “Cisco NFVI solution”, Cisco Corporation, 2016.
- [29] White Paper, “Transforming networks with NFVI, HP carrier grade servers, and intel ONP”, Intel network platform group, 2015.
- [30] White Paper, “Evolve to richer voice with Voice over LTE (VoLTE)”, Nokia Networks, 2014.
- [31] Nokia article, “Adopt lean operations and increase business agility with CloudBand”, [Online] <https://networks.nokia.com/products/cloudband>.
- [32] Nokia voice over LTE and voice over WiFi presentation in Workshop América Móvil, 10-May-2017.
- [33] Ribbon communications article, “Virtual Mobile Core (VMC), [Online] <https://ribboncommunications.com/products/service-provider-products/virtual-mobile-core-clients/virtual-mobile-core-vmc>.
- [34] Tech Invite articles, “TISPAN – IP Multimedia Subsystem (IMS) – Functional architecture”, [Online] <http://www.tech-invite.com/3m23/tinv-3gpp-23-517.html#e-10-2>.
- [35] TISPAN-NGN Ims standard releases
- [36] Camarillo, Gonzalo; García-Martín, Miguel A. “The 3G IP multimedia subsystem (IMS): Merging the Internet and the Cellular Worlds”, 2 edition, Wiley, 2007
- [37] Project Clearwater Release 1.0, Mar 01, 2018
- [38] Mirantis fuel planning documentations, [Online]: [https://docs.mirantis.com/ openstack /fuel/fuel-7.0/planning-guide.html](https://docs.mirantis.com/openstack/fuel/fuel-7.0/planning-guide.html)
- [39] Opendaylight SDN controller Helium release, [Online]: <https://www.opendaylight.org>