دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی‌تکنیک تهران)

دانشکده برق

پروژه کارشناسی

گرایش الکترونیک

طراحی و پیاده‌سازی بستر بدون سرور اینترنت اشیاء

نگارش

محمدحسن مجاب

استاد راهنما

دکتر طاهری

شهریور ۹۸


بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

به نام خدا

تعهدنامه اصالت اثر

تاریخ: شهریور ۹۸

اینجانب **محمدحسن مجاب** متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظارت و راهنمایی اساتید دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و به دستاوردهای دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است مطابق مقررات و روال متعارف ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم‌سطح یا بالاتر ارائه نگردیده است.

در صورت اثبات تخلف در هر زمان، مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از درجه اعتبار ساقط بوده و دانشگاه حق پیگیری قانونی خواهد داشت.

کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشد. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی، واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ممنوع است. نقل مطالب با ذکر مآخذ بلامانع است.

محمدحسن مجاب

امضا

سپاس گزاری

از جناب آقای دکتر طاهری که بنده را یاری نمودند و جناب آقای دکتر شریفیان بابت راهنمایی‌های ارزنده ایشان کمال تشکر را دارم.

محمد حسن مجاب
شهریور ۹۸

چکیده

با توجه به گسترش اینترنت اشیاء در زمینه های تحقیقاتی و کاربردی احساس نیاز به سرویس‌های ابری اینترنت اشیاء بیشتر شده است. بیشتر شرکت‌ها و استارت آپ‌هایی که در این حوزه فعال هستند نیز تنها در سطح سخت‌افزار و توسعه نرم‌افزار فعالیت می‌کنند و برای ذخیره‌سازی داده‌ها و پردازش‌ها از ارائه دهنده‌های ابری استفاده می‌کنند. همزمان با اینترنت اشیاء، معماری بدون سرور نیز در زمینه رایانش ابری در حال رشد است که تمامی هزینه و تقاضای سرورها به عهده‌ی ارائه دهنده‌ی سرویس است و تنها مدت زمان اجرای توابع معیار قرار می‌گیرد. همچنین توسعه دهنده‌ها نیازی به در نظر گرفتن شرایط زیرساخت و سرورها ندارند. هدف این پروژه راه اندازی یک بستر بدون سرور برای اجرای توابع و پردازش های شبکه های اینترنت اشیاء شامل دریافت و تحلیل داده‌های حسگرها و اجرای سناریوهای مشخص است. این بستر می‌تواند مورد استفاده استارت آپ‌ها، دانشگاه‌ها و مرکزهای تحقیقاتی اینترنت اشیاء قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی:

اینترنت اشیاء، بدون سرور، تابع به عنوان سرویس

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فهرست شکل‌ها

شکل صفحه

فصل اول
معرفی

۱-۱ مقدمه

وب جهان‌گستر[1] که با نام اینترنت شناخته می‌شود طی ۲۰ سال گذشته بیش از ۷ میلیارد کاربر داشته و سرعت رشد آن بیش از ۱۰۰۰ درصد افزایش یافته است. این تکنولوژی در سیر تکامل سایر تکنولوژی هایی که روزانه با آن‌ها سر و کار داریم، تحول اساسی ایجاد کرده است. از تلفن‌های هوشمند و ساعت‌های هوشمند گرفته تا هواشناسی، کشاورزی، خانه‌های هوشمند و ماشین‌های هوشمند همگی تحت تأثیر این تحول قرار گرفته‌اند، به صورتی که می‌توان گفت اینترنت، شیوه زندگی کردن انسان‌ها را عوض کرده است.

علاوه بر کاربران عادی، دسترسی به اینترنت برای اکثر دستگاه‌ها و وسایل ممکن است که با پیشرفت‌های اخیر در زمینه الکترونیک دیجیتال و ارتباط بی‌سیم می‌توان گفت برای تمامی اشیاء این قابلیت به وجود آمده است که با اینترنت به راحتی به یکدیگر متصل شوند، با هم ارتباط داشته باشند و توسط کاربران یا اشیاء دیگر نظارت یا حتی کنترل شوند. این مفهوم به اینترنت اشیاء[2] معروف شده است و در دهه اخیر رشد چشمگیری داشته است. در حال حاضر تعداد دستگاه‌هایی که به اینترنت متصل هستند از تعداد انسان‌ها پیشی گرفته است و پیش‌بینی می‌شود تا ۱۰ سال آینده به ۵۰۰ میلیارد برسد. دستگاه‌های اینترنت اشیاء در معماری، میزان حافظه و توان با یکدیگر تفاوت دارند. شبکه‌های اینترنت اشیاء نیز همانند دستگاه‌ها و بسته به محیط متنوع هستند. همچنین این دستگاه‌ها در منابع محدودیت دارند که این محدودیت می‌تواند شامل حافظه، منبع انرژی یا توان پردازشی باشد.

دسترسی به اینترنت همچنین باعث تغییر شگرفی در حوزه خدمات فناوری اطلاعات شده است. از جمله این تغییرات می‌توان به پدیدار شدن رایانش ابری[3] و افزایش محبوبیت آن اشاره کرد. رایانش ابری مدلی از ارائه سرویس است که در آن ارائه دهندگان ابری، سرویس‌های پردازشی را از جمله فضای ذخیره سازی، سرور رایانشی و پایگاه داده را از طریق اینترنت برای کاربرها فراهم می‌کنند. هزینه متناسب با استفاده کاربران از این سرویس‌ها حساب می‌شود. رایانش ابری نه تنها باعث پایین آمدن هزینه‌های ساخت برنامه‌های کاربردی شده است، بلکه زمان دسترسی کاربران به زیرساخت‌ها و سرویس‌ها را کاهش داده است. در نتیجه بسیاری از شرکت‌ها به جای مراکز داده خصوصی خودشان به استفاده از سرویس‌های ابری روی آورده‌اند. [۱۲]

[1] Wolrd Wide Web
[2] Internet of Things
[3] cloud computing

۱-۲ تعریف مسأله

با توجه به گسترش اینترنت اشیاء در زمینه‌های تحقیقاتی و کاربردی و همچنین محدودیت‌های دستگاه‌های اینترنت اشیاء، احساس نیاز به سرویس های ابری بیشتر شده است. رایانش ابری، منابع مورد نیاز شبکه‌های اینترنت اشیاء را فراهم می‌کند. بنابراین بیشتر شرکت‌ها و استارت آپ‌هایی که در این حوزه هستند تنها در سطح سخت‌افزار و توسعه نرم‌افزار فعالیت می‌کنند و برای ذخیره سازی داده‌ها و پردازش‌ها از ارائه دهنده‌های ابری استفاده می‌کنند. شرکت‌های بزرگی همچون آمازون و گوگل که در زمینه رایانش ابری پیشرو هستند و سرویس‌های متنوعی در زمینه زیرساخت به عنوان سرویس تا نرم‌افزار به عنوان سرویس ارائه می‌کنند، نمونه‌ای از ارائه دهندگان ابری هستند که شرکت‌های زیادی در سرتاسر جهان از سرویس‌هایشان استفاده می‌کنند. متأسفانه امکان دسترسی به این سرویس‌ها توسط شرکت‌های ایرانی یا اساساً وجود ندارد یا با هزینه‌های گزاف امکان پذیر است. در داخل کشور نیز روند ارائه چنین سرویس‌هایی در حال آغاز شدن است. بنابراین در بازار داخل عرضه بسیار کمتر از تقاضا است، بنابراین نیاز به ارائه سرویس‌های نوین ابری به شدت احساس می‌شود.

از جهتی استفاده از سرویس‌های ابری برای تأمین منابع دستگاه‌های اینترنت اشیاء در سطح‌های مختلفی (زیرساخت، بستر نرم‌افزاری، نرم‌افزار و تابع) امکان‌پذیر است که هر کدام مزیت‌ها و معایب خاص خود را دارند. باید با بررسی دقیق‌تر و نیازسنجی، سرویس مناسب برای این حوزه مشخص گردد.

۱-۳ اهداف

همزمان با اینترنت اشیاء، معماری بدون سرور[۴] نیز در زمینه رایانش ابری در حال رشد است که هزینه و تقاضای سرورها به عهده‌ی ارائه دهنده سرویس است و تنها مدت زمان اجرای توابع تعریف شده توسط کاربر معیار قرار می‌گیرد. همچنین توسعه دهنده‌ها نیازی به در نظر گرفتن شرایط زیرساخت و سرورها ندارند و تنها بدون نیاز به داشتن هیچ گونه اطلاعات فنی در این حوزه به توسعه‌ی برنامه کاربردی خود با استفاده از تابع‌ها می‌پردازند.

هدف این پروژه طراحی و راه اندازی یک بستر بدون سرور برای اجرای توابع و پردازش‌های شبکه‌های اینترنت اشیاء شامل دریافت و تحلیل داده های حسگرها و اجرای سناریوهای مشخص است. این بستر می‌تواند مورد استفاده استارت آپ‌ها، دانشگاه‌ها و مرکزهای تحقیقاتی اینترنت اشیاء قرار گیرد.

[4] serverless

۱-۴ ساختار

این پایان‌نامه به جز فصل معرفی از سه فصل دیگر تشکیل شده است. در فصل دوم به تعریف مفاهیم اولیه مورد نیاز و بررسی تکنولوژی‌ها و راه حل‌های موجود پرداخته شده است. پس از یادگیری مفاهیم و در نظر گرفتن اهداف پروژه، در فصل سوم، ابتدا ساختار کلی و طراحی پروژه توضیح داده شده، سپس نحوه پیاده سازی آن گام به گام مورد بررسی قرار گرفته است. نهایتاً در فصل چهارم، کارهای انجام شده در پروژه جمع‌بندی و نتیجه گیری می‌شود، سپس کارهای احتمالی آینده توضیح داده خواهد شد.

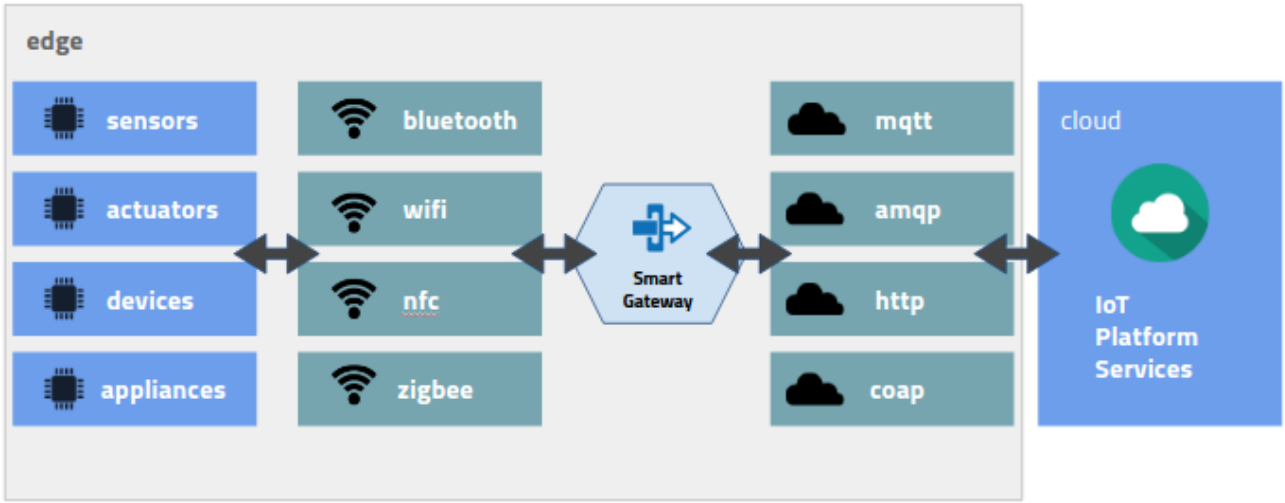
فصل دوم
مفاهیم اولیه

در این بخش به توضیح بیشتر مفاهیم معرفی شده (اینترنت اشیاء، رایانش ابری و بدون سرور) پرداخته شده، سپس پروژه‌ها و راه حل های موجود برای توسعه هر کدام از این محیط‌ها بررسی می‌شود.

۲-۱ اینترنت اشیاء

اینترنت اشیاء شبکه‌ای از دستگاه‌های هوشمند، فیزیکی مانند لوازم خانگی، وسایل نقلیه، دستگاه های پوشیدنی و حسگرها است. این دستگاه‌ها Things نامیده می‌شوند و از اینترنت برای برقراری ارتباط با یکدیگر استفاده می‌کنند. دستگاه‌های اینترنت اشیاء از نظر ماهیتی هوشمند، به هم پیوسته و محدود به منابع هستند. خانه هوشمند، کشاورزی، مراقبت‌های پزشکی و سیستم حمل و نقل هوشمند برخی از زمینه‌هایی هستند که در آینده نه چندان دور به دستگاه‌های اینترنت اشیاء متکی خواهند بود. به عنوان مثال، خودروی هوشمند از طریق ارتباط با خودروهای دیگر اطلاعات ترافیک را تجزیه و تحلیل می‌کند. در مثال دیگر پزشکان از طریق دستگاه‌های اینترنت اشیاء بر سلامتی بیماران نظارت می‌کنند. ارتباطات ذکر شده در بالا نیاز به اتصال بین دستگاه‌ها دارد و منجر به تولید حجم زیادی از داده‌ها می شود. با رشد اینترنت اشیاء، دنیایی در حال ایجاد است که میلیاردها دستگاه همه‌ی داده‌ها را جمع می‌کنند و از این داده‌ها می توان برای دستیابی به چیزی استفاده کرد که اگر همه این دستگاه‌ها به یکدیگر و اینترنت متصل نبودند، هیچگاه امکان پذیر نبود.

شکل ۲-۱ ارتباط بین انواع دستگاه‌های اینترنت اشیاء و gateway، پروتکل‌های ارتباطی و ارتباط با بستر خدمات ابری را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱: ساختار شبکه‌ی اینترنت اشیاء

دستگاه‌های اینترنت اشیاء ویژگی‌های بسیاری دارند که آن‌ها را از دستگاه‌های رایانشی قدیمی متمایز می‌کند. در ادامه این خصوصیات بررسی می‌شوند.

- **تنوع زیاد:** دستگاه‌های اینترنت اشیاء در سخت‌افزار و قابلیت‌های مختلف متفاوت هستند. در نتیجه، یک شبکه اینترنت اشیاء شامل دستگاه‌های مختلف برای تعامل با یکدیگر است.
- **محدودیت منابع:** دستگاه‌های اینترنت اشیاء قدرت پردازش و حافظه محدود دارند. آن‌ها برای انجام محاسبات محدود طراحی شده‌اند.
- **محدودیت انرژی:** دستگاه‌های اینترنت اشیاء می توانند دارای منبع انرژی مداوم یا محدود باشند. در صورت وجود انرژی مداوم، یک دستگاه به طور مداوم به منبع انرژی وصل می‌شود. از طرف دیگر، در محیط سیار، دستگاه های اینترنت اشیاء غیر ثابت هستند و از باتری به عنوان منبع انرژی خود استفاده می‌کنند.
- **شبکه پویا:** اکثر دستگاه‌های اینترنت اشیاء سیار هستند که باعث می‌شود شبکه‌ی اینترنت اشیاء پویا و مرتباً در حال تغییر باشد.

۲-۲ مدل‌های رایانش ابری

رایانش ابری یک الگو است که در آن خدمات رایانشی مانند حافظه ذخیره سازی، سرورهای رایانشی و پایگاه داده ها از طریق اینترنت توسط ارائه‌دهندگان ابری[1] به کاربران ارائه می‌شود. ارائه دهندگان برای استفاده از خدمات، هزینه را به ازای هر بار استفاده، محاسبه می‌کنند. این مدل صورتحساب شبیه به خدمات روزانه مانند برق، گاز و آب است. محیط رایانش ابری از یک ارائه دهنده ابر تشکیل شده است که منابع بر اساس تقاضا و بسیار مقیاس پذیر را از طریق اینترنت برای مشتریان فراهم می‌کند. این منابع می‌توانند یک برنامه، یک پایگاه داده یا یک ماشین مجازی[2] ساده و بدون سیستم عامل باشند. ارائه دهنده مسئولیت بیشتر مدیریت زیرساخت ها را بر عهده دارد. با این حال، کاربر هنوز وظیفه معدود کارهایی مانند انتخاب سیستم عامل، ظرفیت و اجرای برنامه را بر عهده دارد. ارائه دهنده می‌تواند ضمن دستیابی به چند اجازه، سریعاً منابع را مستقر و مقیاس کند. در حالی که، هزینه و زحمت های مدیریتی سمت کاربر به شدت کاهش می‌یابد.

تحولات رایانش ابری را می‌توان به مدل‌های زیر تقسیم کرد:

- **زیرساخت به عنوان سرویس**[3] **(IaaS)** یک مدل رایانش ابری است، که در آن ارائه دهندگان، زیرساخت را مانند سرورها، پایگاه داده و فضای مرکز داده ها ارائه می‌دهند. با استفاده از این مدل، کاربر نیازی به نگرانی در مورد راه اندازی، تعمیر، نگهداری و مقیاس پذیری زیرساخت‌ها ندارد.

- **بستر نرم‌افزاری به عنوان سرویس**[4] **(PaaS)** متشکل از ارائه دهنده خدماتی است که بستر رایانشی آماده به همراه راه حل های کاربردی را به کاربر ارائه می‌دهد و باعث صرفه جویی در زمان راه اندازی می‌شود. مشتری می‌تواند با تعامل کمتر با واسطه برنامه های کاربردی را توسعه دهد و به سرعت پیاده‌سازی کند. مشتری همچنین نیازی به نگرانی در مورد نرم افزار، پیکربندی شبکه (provisioning) و میزبانی (hosting) ندارد.

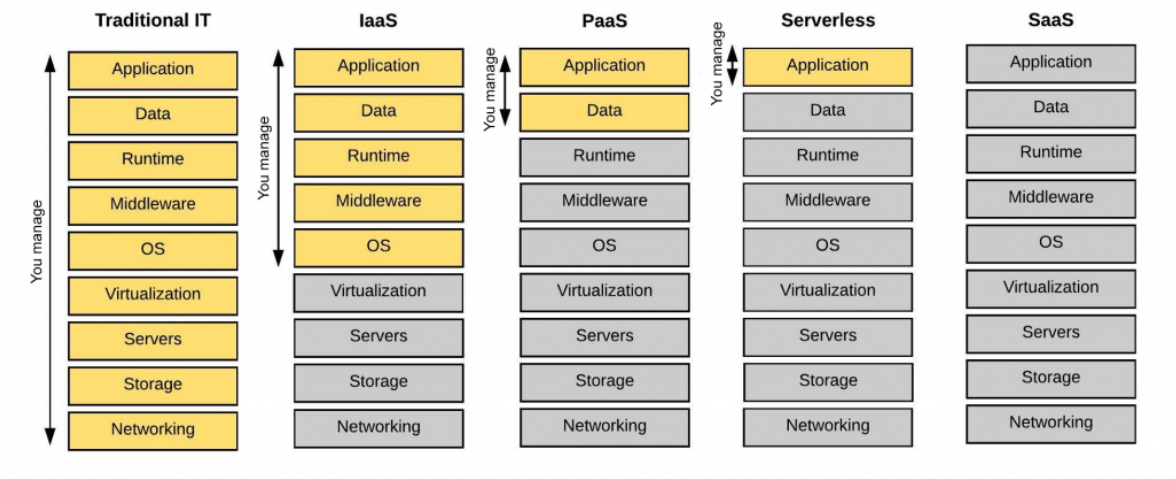
- **نرم‌افزار به عنوان سرویس**[5] **(SaaS)** یک مدل رایانش ابری است که در آن کاربران بدون هیچ گونه نگرانی در مورد پیاده‌سازی و مدیریت از برنامه های مبتنی بر وب مستقر در سرورهای ابری بهره مند می‌شوند. با استفاده از یک مرورگر وب به این برنامه های میزبان ابری دسترسی پیدا می‌کنند. در این مدل کاربران از خدماتی با شروع سریع، تقاضا محور، موقعیت مکانی مستقل و

[1] cloud providers
[2] virtual machine
[3] Infrastructure as a Service
[4] Platform as a Service
[5] Software as a Service

مقیاس پذیری پویا بهره‌مند می‌شوند. با این حال، این رویکرد این مشکل را دارد که کاربر کنترل بسیار کمتری روی آن دارد.

- **رایانش بدون سرور** آخرین مدل رایانش ابری است که به طور خاص برای برنامه های گذرا (ephemeral)، فاقد وضعیت (stateless) و رویداد محور(event based) ساخته شده است. مدل رایانش بدون سرور مبتنی بر مقیاس پذیری افقی براساس تقاضا است زیرا برنامه های میزبانی شده نیاز به مقیاس شدن با سرعت بالا دارند. این مدل همچنین از رویکرد "pay as you go" رایانش ابری استفاده می‌کند و صورتحساب کاربران بر اساس استفاده با دقت میلی‌ثانیه حساب می‌شود. تعریف رسمی‌تر از رایانش بدون سرور این است: معماری های بدون سرور به برنامه هایی اطلاق می‌شوند که به خدمات شخص ثالث بستگی دارد (Backend به عنوان سرویس یا BaaS) یا به کدی که در کانتینرهای گذرا اجرا می‌شود (تابع به عنوان سرویس یا FaaS).

در شکل ۲-۳ مدل‌های رایانش ابری نشان داده شده و همچنین بخش‌های مدیریت شده توسط ارائه دهنده مشخص شده است.



شکل ۲-۲: مدل‌های رایانش ابری

۲-۳ رایانش بدون سرور

تعریف اصطلاح بدون سرور دشوار است، زیرا این اصطلاح گمراه کننده است و تعریف آن هم بر مفاهیم دیگر مانند بستر نرم افزاری به عنوان سرویس (PaaS) و نرم افزار به عنوان سرویس (SaaS) همپوشانی دارد. بدون سرور بین این دو مفهوم قرار دارد، جایی که توسعه دهنده کنترل برخی زیرساخت های ابر را از دست می‌دهد، اما همانطور که در شکل توضیح داده شده است، بر روی کد برنامه کنترل دارد. مفاهیم بدون سرور به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۲-۳-۱ Backend به عنوان سرویس (BaaS)

در مدل BaaS[۶] منطق سمت سرور دیگر توسط کاربر پیاده‌سازی و مدیریت نشده و در عوض از سرویس های ارائه دهنده استفاده می‌شود. این مدل بسیار نزدیک به مفهوم نرم افزار به عنوان سرویس (SaaS) است تا سر و کار داشتن با ماشین های مجازی و کانتینرها. در این مدل، برنامه ها به اجزای کوچک تر تقسیم می‌شوند و تعدادی از این اجزاء کاملا با محصولات برون‌سپاری شده پیاده‌سازی می‌شوند.

سرویس های BaaS دارای دامنه های عمومی‌هستند و از راه دور و از طریق API[۷] مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سرویس ها بیشتر مورد توجه توسعه دهندگان برنامه تلفن همراه و صفحات وب ثابت قرار گرفته است زیرا به راحتی می‌توانند برای انجام کارهای مورد نیازشان از این سرویس ها استفاده کنند. برای مثال Firebase گوگل یک پایگاه داده است که کاملا توسط خود گوگل مدیریت می‌شود و از آن مستقیماً می‌توان در هر برنامه کاربردی و بدون نیاز به هیچ سروری استفاده کرد.

نمونه دیگر سرویس های BaaS استفاده از منطق برنامه ای است که توسط تیم های دیگر پیاده‌سازی شده. به عنوان مثال سرویس هایی مانند Auth0 و Cognito برای احراز هویت کاربران و مدیریت آن ها وجود دارند که برنامه های وب و تلفن همراه می‌توانند از آن استفاده کنند بدون این که نیاز داشته باشند تیم توسعه آن ها حتی قسمتی از این منطق را خودشان پیاده‌سازی کنند.

BaaS به خاطر رشد در زمینه توسعه برنامه های کاربردی تلفن همراه معروف شد و گاهی اوقات به MBaaS[۸] یا Backend تلفن همراه به عنوان سرویس شناخته می‌شد. اما این مفهوم به backend برای برنامه های کاربردی تحت وب و موبایل محدود نمی‌شود و به عنوان مثال می‌توان از سرویس هایی برای مدیریت سیستم فایل و ذخیره سازی داده و حتی آنالیز گفتار استفاده کرد که کاملا توسط شرکت دیگری ارائه و مدیریت می‌شوند. همچنین از این سرویس‌ها در سمت سرور نیز می‌توان بهره برد.

[6] Backend as a Service
[7] Application Programming Interface
[8] Mobile Backend as a Service

۲-۳-۲ تابع به عنوان سرویس (FaaS)

در مدل سرویس دهی FaaS[۹]، منطق سمت سرور همچنان توسط خود برنامه نویسان نوشته شده و کنترل می‌شود. اما برنامه ها در کانتینرهای فاقد وضعیت و گذرایی اجرا می‌شوند و که به وسیله رویدادها ایجاد شده اند.

این مفهوم در بسیاری از موارد برای تعریف کردن مفهوم بدون سرور استفاده می‌شود و بسیاری از افراد آن دو را به اشتباه به جای یکدیگر به کار می‌برند. اگرچه FaaS به نسبت بقیه مفاهیم بدون سرور جدیدتر است و برای پیاده‌سازی پروژه تمرکز ما بر روی این مدل سرویس بیشتر خواهد بود، بنابراین بیشتر به توضیح کارکرد آن خواهیم پرداخت. هنگامی‌که ما می‌خواستیم برنامه سمت سرور را به روش های متداول قدیمی‌پیاده‌سازی کنیم، ابتدا با یک سرور میزبان، یک ماشین مجازی یا حتی یک کانتینر شروع به کار می‌کردیم. سپس برنامه خود را درون آن میزبان مستقر می‌کردیم. چنانچه میزبان یک ماشین مجازی یا کانتینر بود، برنامه ما به عنوان یک پردازه سیستم عامل اجرا می‌شد. معمولا برنامه ما متشکل بود از کدهایی که برای انجام عملیات های مختلف و مرتبط با هم نوشته شده بودند.

FaaS این نوع پیاده‌سازی را تغییر داد. به این صورت که میزبان و پردازه ی برنامه از این مدل حذف شدند و تمرکز بر پیاده‌سازی منطق برنامه به صورت عملیات ها و تابع های جداگانه قرار گرفت. این تابع ها پس از توسعه به صورت جداگانه بر روی بستر FaaS قرار گرفته و اجرا می‌شوند. این تابع ها اما مانند یک پردازه سرور نیستند که پیوسته فعال باشند و همیشه در وضعیت idle قرار داشته باشند تا اینکه زمان اجرای آن ها برسد و به صورت قدیمی‌اجرا شوند. در عوض بستر بدون FaaS طوری ساخته شده که برای هر تابع منتظر رویداد مربوط به آن بماند. زمانی که آن رویداد رخ داد، بستر از تابع مربوط به آن یک نمونه می‌سازد، سپس آن نمونه را با پارامترهای رویداد اجرا می‌کند. هنگامی‌که اجرای تابع به اتمام رسید، بستر FaaS آزاد است که آن را حذف کند، اما ممکن است آن را برای بهینه سازی مدتی نگه دارد تا اگر رویداد جدیدی رخ داد نخواهد آن را از ابتدا بسازد.

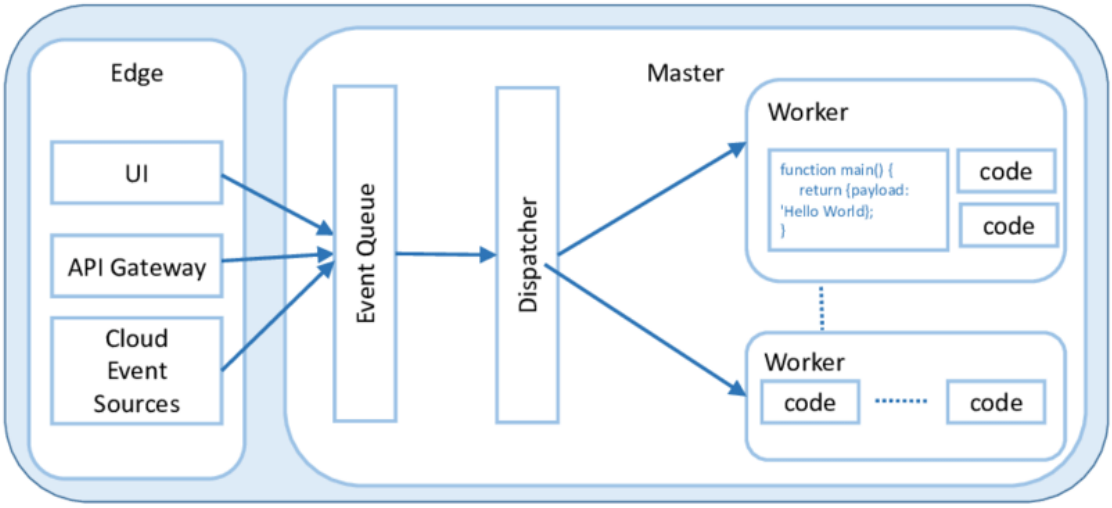
FaaS یک رویکرد رویداد محور[۱۰] است که علاوه بر ارائه یک بستر برای میزبانی و اجرای توابع با بسیاری از منابع رویدادی همگام و ناهمگام ادغام شده است. برای مثال HTTP API Gateway یک منبع رویداد همگام است و صف پیام، عملیات ذخیره سازی یا رویدادهای برنامه ریزی شده، از منابع رویداد ناهمگام هستند.

از نظر سطحی، BaaS و FaaS کاملاً متفاوت هستند. مورد اول برون‌سپاری کامل اجزای برنامه به صورت جداگانه است و مورد دوم یک محیط میزبانی جدید برای اجرای کد شخصی افراد است. پس چرا

[9] Function as a Service
[10] event-driven

آن ها با هم زیر مجموعه مفهوم بدون سرور قرار می‌گیرند؟

دلیل اصلی این است که در هر دو مورد توسعه دهنده نیاز نیست که مدیریت زیرساخت های سرور خودش و یا پردازه های سرور را در نظر بگیرد. بلکه تمامی منطق برنامه در یک محیط عملیاتی کاملاً منعطف اجرا می‌شود و وضعیت برنامه نیز در محیطی متشابه ذخیره می‌گردد. با تغییر تقاضا روی سرور، بستر بدون سرور بر این اساس تعداد ظرفیت سرورها را افزایش داده و یا کاهش می‌دهد، بدون اینکه لازم باشد برنامه نویسی توسط توسعه دهنده انجام شود. هزینه میزبانی یک سرویس بدون سرور معمولاً متناسب با تعداد درخواست های اجرای تابع ها محاسبه می‌شود. به عبارت دیگر بدون سرور به این معنی نیست که واقعا سروری در کار نباشد بلکه بدین معنی است که دیگر نیازی نیست نگران سرور باشید! [۱۶]

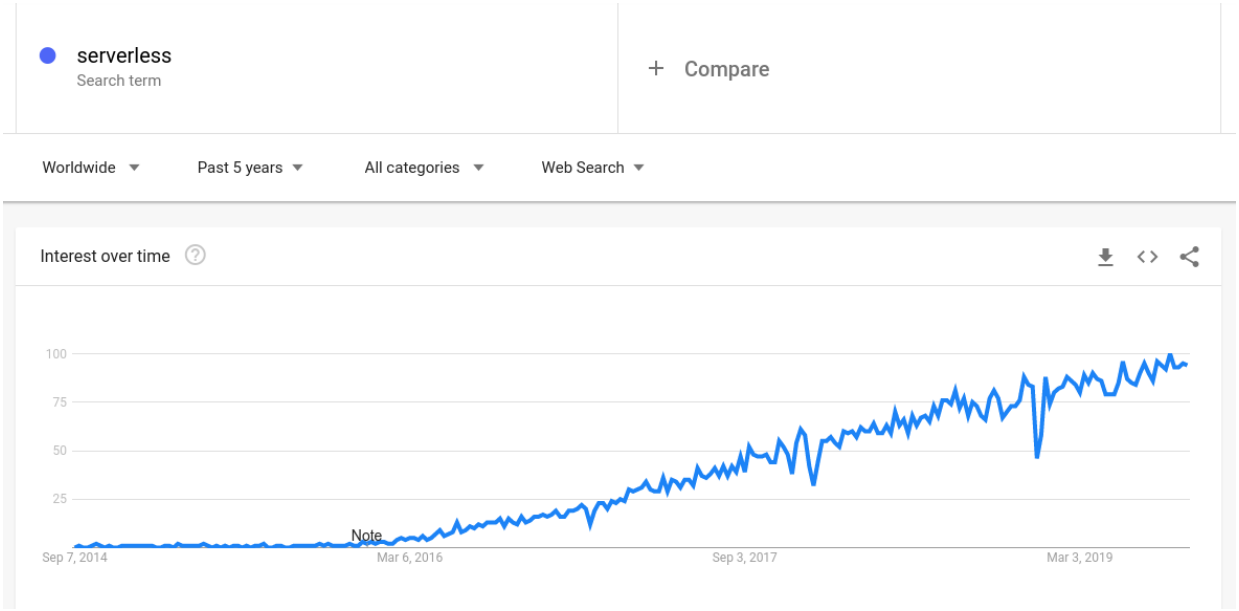


شکل ۲-۳: مثال ابتدایی از معماری یک بستر بدون سرور

مانند آنچه در شکل ۲-۳ مشاهده می‌شود، عملکرد اصلی بستر بدون سرور متکی است به توانایی پردازش رویدادها بر اساس تقاضا، با استفاده از مجموعه ای از توابع. بستر بدون سرور باید به مدیریت مجموعه‌ای از توابع، دریافت درخواست های HTTP یا نوع دیگری از درخواست‌ها بپردازد، درخواست را با یکی از توابع مرتبط سازد، نمونه‌ای از تابع را ایجاد کند یا یک مورد موجود را پیدا کند و رویداد را به آن بفرستد، منتظر پاسخ از نمونه‌ی تابع باشد، با پاسخ از نمونه‌ی تابع به درخواست HTTP پاسخ دهد و در صورت عدم نیاز نمونه‌ی تابع را خاموش کند. گزارش‌های مربوط به کل فرآیند را نیز باید هنگام انجام تمام این کارها جمع آوری کند. چالش اصلی بستر بدون سرور ارائه همه این موارد است در حالی که باید با الزاماتی از قبیل هزینه، تحمل خطا و مقیاس پذیری کنترل شود. چالش هایی که یک بستر بدون سرور باید بر آن غلبه کند، عبارتند از: [۱۵] [۱۱]

- سرعت برای شروع اجرای یک تابع و پردازش رویداد.
- صف رویدادها و سازگاری متناسب با آن ها. با توجه به ورود رویداد ها و وضعیت فعلی صف، باید برنامه زمانبندی اجرای تابع تنظیم و مدیریت شود تا منابع را از توابعی که در حال اجرا نیستند پس بگیرد.
- چگونگی مقیاس پذیری و مدیریت خطاها را با دقت در نظر بگیرد.

همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، از زمان شکل گیری مفهوم بدون سرور، محبوبیت آن بسیار افزایش یافته است و انتظار می‌رود که این رشد همراه با رشد IoT ادامه داشته باشد. رشد محبوبیت فناوری بدون سرور در شکل ۲-۴ قابل مشاهده است.



شکل ۲-۴: افزایش محبوبیت کلمه serverless در Google Trends طی سه سال اخیر

۲-۳-۳ راه حل‌ها و بسترهای ابری موجود

- **Amazon lambda** اولین بستری که مدل سرویس بدون سرور را پیاده‌سازی کرد و معیارهای آن از جمله قیمت گذاری، مدل برنامه نویسی، نحوه استقرار، محدودیت منابع، امنیت و مانیتورینگ را به بازار معرفی کرد. Lambda از زبان های برنامه نویسی Node.js، Python، Java و C# پشتیبانی می‌کند. با توجه به این که این بستر در این زمینه پیشگام بوده است به عنوان اولین و بهترین راه حل انتخاب می‌شود و تعداد زیادی از شرکت های بزرگ از سرویس های این بستر استفاده می‌کنند.

- **Google Cloud Functions** در حال حاضر این بستر بسیار محدود است و تنها از زبان JavaScript که در محیط استاندارد Node.js نوشته شده باشد پشتیبانی می‌کند و تنها به رویدادهای سرویس Google Cloud یا درخواست های HTTP پاسخ می‌دهد. همچنین این بستر هنوز در فاز بتا است و نسخه نهایی آن منتشر نشده است.

- **Microsoft Azure Functions** بستر بدون سرور متن بازی را ارائه می‌دهد که کد آن در Github موجود است. تابع های ارائه شده توسط توسعه دهنده با HTTP webhook که با سرویس های بستر ادغام شده است اجرا می‌شوند. این بستر نیز از زبان های محدودی پشتیبانی می‌کند.

- **OpenLambda** بستر بدون سرور و متن باز جدیدی است که کد آن در Github موجود است. این بستر در مواردی مشکل دارد که توسعه دهندگان آن در حال رفع آن هستند: [۹]

  ۱. راه اندازی بسیار آهسته runtime های زبان‌های برنامه نویسی

  ۲. استقرار حجم زیادی از کد

  ۳. پشتیبانی از حفظ وضعیت که با تابع های فاقد وضعیت پیاده شده باشد

  ۴. استفاده از پایگاه داده‌ها

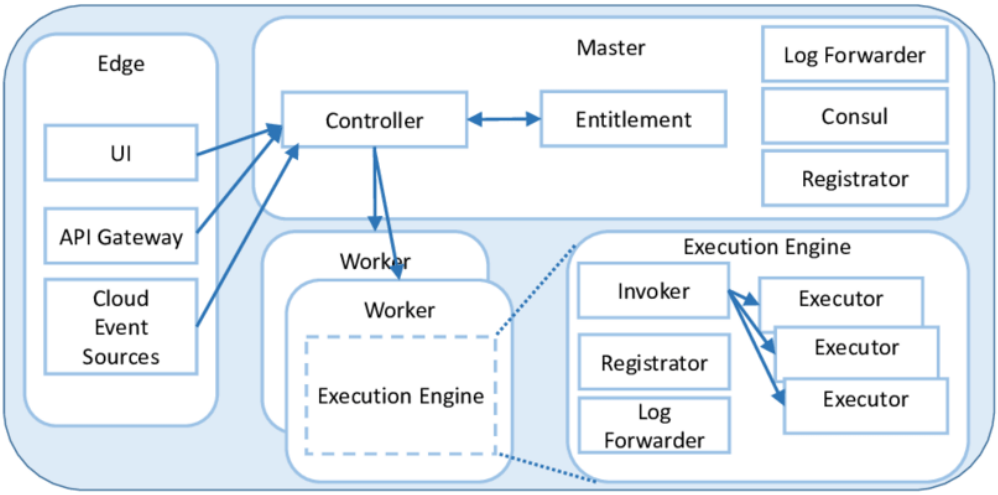
- **Kubeless** این بستر بدون سرور، با راه‌اندازی بر روی بستر کوبرنتیز، بدون نیاز به پیچیدگی‌های چارچوب بستر بدون سرور مانند سیستم صف پیام، آن را به یک بستر اجرا کننده‌ی تابع تبدیل می‌کند. اما این بستر هنوز به اندازه کافی بالغ نشده است که در مرحله تولید مورد استفاده قرار گیرد. همچنین جامعه‌ی آن به اندازه کافی بزرگ نیست، اسناد آن ناقص هستند و اشکالاتی در آن مشاهده شده است. این بستر نیز متن باز است. [۶]

- **OpenFaaS** یکی از بهترین و معروف‌ترین بستر بدون سرور متن باز با استفاده‌ی آسان است. تابع‌ها در بستر OpenFaaS باید از جنس کانتینر باشند. به همین دلیل این بستر از تمامی زبان‌های برنامه نویسی پشتیبانی می‌کند. معماری این بستر نسبتاً ساده است و بر روی هماهنگ کننده‌های ابری کوبرنتیز و Docker Swarm راه‌اندازی می‌شود. [۱۰]

- **OpenWhisk** کلیدی ترین ویژگی این بستر این است که می‌توان با اتصال تابع ها با یکدیگر ترکیبی از تابع ها را ساخت و آن را به عنوان تابع جدید ارائه داد. این بستر نیز به صورت متن باز در Github موجود است و از زبان های Node.js، Java، Swift و Python پشتیبانی می‌کند.

همچنین این قابلیت نیز وجود دارد که تابع ها به صورت باینری پیاده‌سازی شده و در یک کانتینر قرار گرفته باشند.

این بستر در مقایسه با معماری ساده بدون سرور (شکل ۲-۳)، دارای اجزای مهمی است که امنیت، گزارش گرفتن و نظارت را کنترل می‌کنند. این معماری جدید در شکل ۲-۵ قابل مشاهده است.



شکل ۲-۵: معماری بستر بدون سرور OpenWhisk

در انتها به این نتیجه می‌رسیم که بهترین و پایدارترین راه حل AWS Lambda است. پیشگام بودن در این زمینه باعث شده است تا وقت کافی برای رشد و پشتیبانی از زبان های معروف را داشته باشد. بعد از آن Microsoft Azure Functions برای انتخاب مناسب است. به دلیل در دسترس نبودن این سرویس‌ها در داخل کشور، پیاده‌سازی این بستر با بهره گیری از پروژه های متن باز معقول به نظر می‌رسد و ارائه چنین سرویس‌هایی در حال آغاز است. با توجه به بررسی‌ها و مقایسه‌های صورت گرفته بهترین راه حل متن باز استفاده از بستر OpenWhisk است که ما در این پروژه نیز از این بستر استفاده کردیم. در ادامه پس از آشنایی با مفاهیم و معماری میکروسرویس، بیشتر با نحوه کارکرد و اجزای مختلف این بستر بدون سرور آشنا خواهیم شد.

۲-۴ میکروسرویس و کانتینرها

معماری میکروسرویس[11] به مرور در حال کسب محبوبیت فزاینده‌ای است و امروزه تقریباً در همه پروژه‌های نرم‌افزاری عمده از آن استفاده می‌شود. دلیل اصلی این مسئله ناشی از مزیت‌های آن و مسائلی است که حل می‌کند. در این بخش ابتدا به معرفی مفهوم معماری میکروسرویس و شناخت مزیت‌های استفاده از آن می‌پردازیم و سپس فناوری‌های مورد نیاز برای پیاده‌سازی این نوع معماری را بررسی می‌کنیم.

۲-۴-۱ میکروسرویس

در ابتدا باید مفهوم خود میکروسرویس را درک کنیم. میکروسرویس، همان طور که از نام آن مشخص می‌شود، اساساً به سرویس‌های نرم‌افزاری مستقلی گفته می‌شود که کارکردهای تجاری خاصی را در یک برنامه‌ی کاربردی نرم‌افزاری ارائه می‌کنند. این سرویس‌ها می‌توانند به صورت مستقل از هم نگهداری، نظارت و توزیع شوند.

معماری مبتنی بر سرویس[12] به برنامه‌های کاربردی امکان ارتباط با یکدیگر روی یک رایانه منفرد و یا در زمان توزیع برنامه‌های کاربردی روی چندین رایانه در یک شبکه را ارائه می‌کند. هر میکروسرویس ارتباط اندکی با سرویس‌های دیگر دارد. این سرویس‌ها خودکفا هستند و یک کارکرد منفرد (یا گروهی از کارکردهای مشترک) را ارائه می‌کنند.

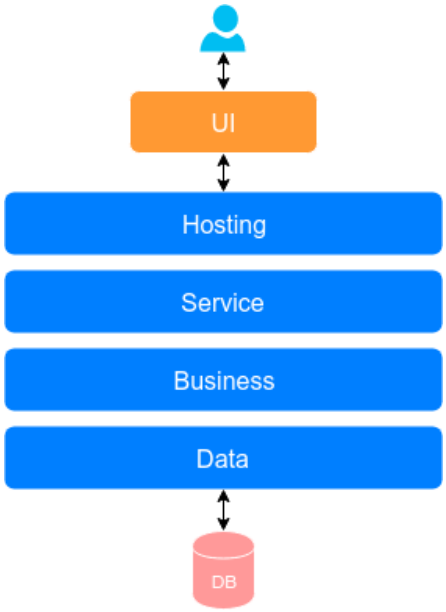
معماری میکروسرویس‌ها به طور طبیعی در سازمان‌های بزرگ و پیچیده استفاده می‌شود که در آن‌ها چند تیم توسعه می‌توانند مستقل از هم برای ارائه یک کارکرد تجاری کار بکنند و یا برنامه‌های کاربردی ملزم به ارائه خدمات به یک حوزه تجاری باشند.

به طور خلاصه یک مفهوم وجود دارد و آن این است که ما همواره ملزم هستیم نرم‌افزار را نگهداری و به‌روزرسانی کنیم. باید فرایند بهبود برنامه‌های کاربردی را آسان‌تر و مقدار زمان مورد نیاز برای ارائه نسخه‌های جدید آن‌ها را کوتاه‌تر کنیم.

معماری یکپارچه

در سال‌های اخیر برنامه‌های کاربردی نرم‌افزاری در معماری‌های چندلایه و یکپارچه پیاده‌سازی می‌شدند. به عنوان نمونه در شکل ۲-۶ یک معماری معمول برای برنامه‌ی کاربردی یکپارچه ارائه شده است:

[11] microservices architectur
[12] Services Oriented Architecture (SOA)



شکل ۲-۶: معماری یکپارچه

در این معماری هر لایه در کد نرم‌افزاری پیاده‌سازی می‌شد و از چندین کلاس و اینترفیس تشکیل شده بود:

لایه داده

این لایه برای ذخیره‌سازی داده‌ها در پایگاه داده و فایل‌ها پیاده‌سازی شده است. تنها مسئولیت این لایه ارائه داده‌ها از منابع داده‌ای مختلف است.

لایه تجاری

مسئولیت لایه تجاری، بازیابی داده‌ها از لایه داده و اجرای محاسبات است. لایه تجاری نمی‌داند که داده‌ها در فایل یا پایگاه داده یا در موارد دیگر هستند. لایه تجاری به لایه داده‌ها وابسته است.

لایه سرویس

لایه سرویس روی لایه تجاری قرار می‌گیرد. این لایه یک پوشش برای لایه تجاری ایجاد می‌کند که شامل امنیت، گزارش‌گیری و وساطت برای فراخوانی کارکردها است. لایه سرویس به لایه تجاری وابسته است.

لایه میزبانی

سرویس‌ها از طریق این لایه میزبانی می‌شوند. لایه میزبانی از فناوری‌های مبتنی بر سرویس مانند REST API برای میزبانی با استفاده از پروتکل‌های مختلف مانند HTTP، HTTPS، TCP و غیره بهره می‌گیرد. کل برنامه‌ی کاربردی به صورت یک پردازش نرم‌افزاری اجرا می‌شود. برنامه‌ها از طریق URL مانند https://example.com/myapplication در دسترس هستند.

لایه رابط کاربری

لایه رابط کاربری شامل کدهایی است که در لایه میزبانی مورد ارجاع قرار می‌گیرند و به منظور ایجاد امکان تعامل با برنامه‌ی کاربردی برای کاربران طراحی شده است.

این طراحی به توسعه‌دهندگان امکان می‌دهد که روی یک کارکرد خاص متمرکز شوند، ویژگی را تست کنند، و یا برنامه‌ی کاربردی را با استفاده از کنترل معکوس از طریق تزریق وابستگی‌ها و میزبانی یک برنامه‌ی کاربردی روی ماشین‌های متعدد تجزیه کنند.

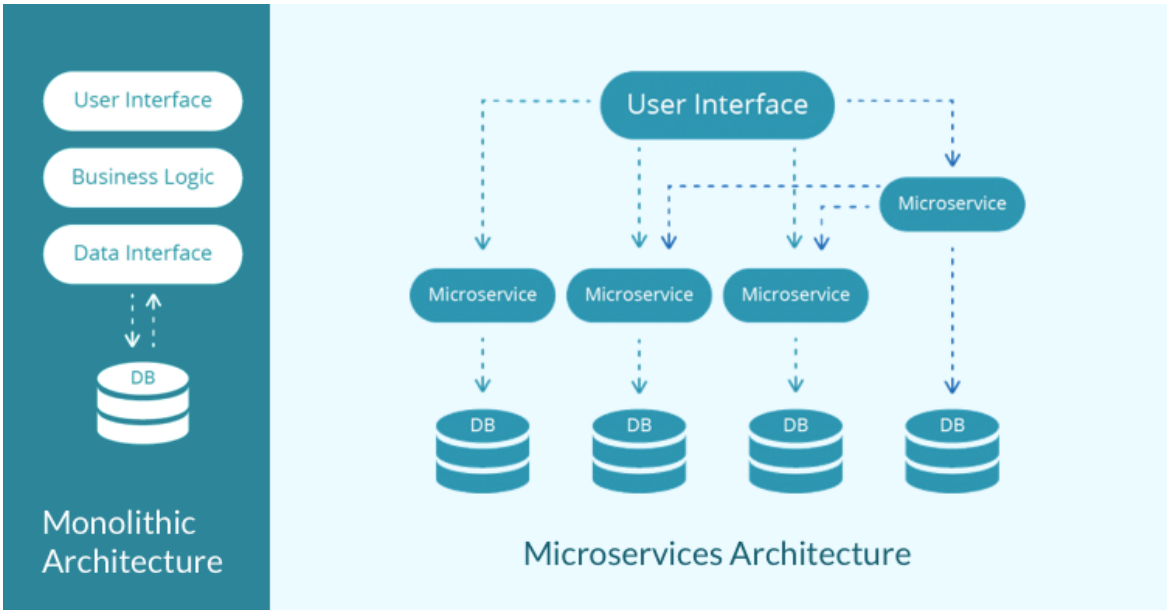
طراحی یکپارچه لایه‌بندی شده مزایای زیادی دارد؛ اما نواقصی نیز دارد. در ادامه فهرستی از مشکلات رایج این نوع معماری را مورد اشاره قرار داده‌ایم:

- این طراحی برای مقیاس‌بندی و نگهداری برنامه‌ی کاربردی سرراست نیست. این طراحی زمان مورد نیاز برای قرار دادن کارکردهای جدید در اختیار کاربر را افزایش داده است، چون چرخه توسعه زمان بیشتری طول می‌کشد.
- از آنجا که کل برنامه‌ی کاربردی به صورت یک پردازش منفرد میزبانی می‌شود، هر بار که لازم باشد یک به‌روزرسانی اجرا شود، کل برنامه‌ی کاربردی باید متوقف شود و سپس نسخه جدیدی از آن باید توزیع شود.
- برای ایجاد تعادل در بار کاری، کل برنامه‌ی کاربردی روی چند ماشین توزیع می‌شود. به علاوه، امکان توزیع کارکردهای خاص روی سرورهای چندگانه برای متوازن‌سازی بار وجود ندارد.
- طراحی برنامه‌ی کاربردی پیچیده است، چون همه ویژگی‌ها در یک برنامه‌ی یکپارچه منفرد پیاده‌سازی شده‌اند.
- زمانی که تعداد برنامه‌های کاربردی در سازمان افزایش می‌یابد، توزیع برنامه‌های یکپارچه نیازمند اطلاع‌رسانی و هماهنگی با همه تیم‌های توسعه ویژگی‌های جدید است. این امر موجب افزایش زمان مورد نیاز برای تست و توزیع برنامه می‌شود.
- این معماری برنامه‌ی کاربردی را وادار می‌کند که در یک مجموعه فناوری منفرد پیاده‌سازی شود.
- در مواردی که زمان تحویل طولانی‌تر شود، در طی زمان نیازمند پول بیشتری برای توسعه و نگهداری برنامه‌ی کاربردی خواهد بود.

- از آنجا که همه کد درون یک برنامه‌ی کاربردی منفرد قرار دارد، نگهداری کد پس از مدتی به سرعت دشوار می‌شود.

معماری میکروسرویس

میکروسرویس‌ها برای حل مسائل اشاره شده فوق معرفی شده‌اند. معماری میکروسرویس یک بهینه‌سازی در زمینه معماری یکپارچه محسوب می‌شود. در این معماری هر کارکرد تجاری به صورت یک سرویس ارائه می‌شود. هر سرویس می‌تواند به صورت مستقل از سرویس‌های دیگر میزبانی و توزیع شود. در شکل ۲-۷ معماری یکپارچه با معماری میکروسرویس مقایسه شده است.

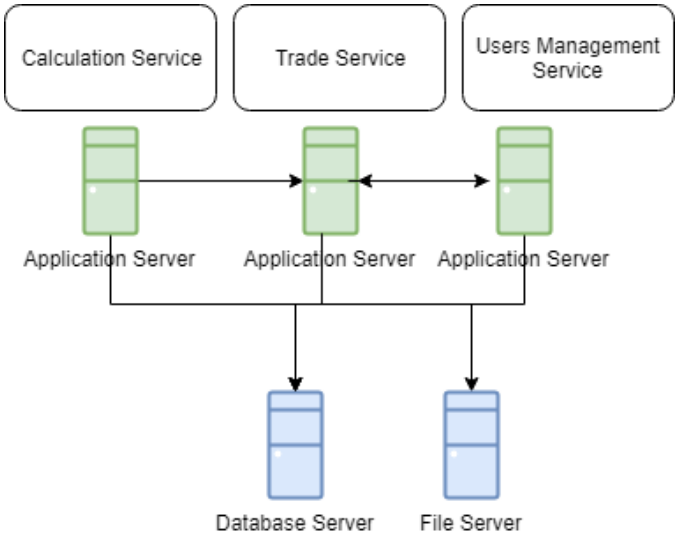


شکل ۲-۷: مقایسه معماری میکروسرویس با معماری یکپارچه

- هر سرویس را می‌توان یک برنامه‌ی کاربردی کوچک تصور کرد.
- همه سرویس‌ها می‌توانند حتی زمانی که سرویس‌ها روی ماشین‌های مختلف هستند، با همدیگر ارتباط داشته باشند. این وضعیت در ادامه امکان پیاده‌سازی کارکردهای جدید در سرویس‌ها را فراهم می‌سازد.
- میکروسرویس‌ها، سازمان‌ها را تشویق می‌کنند که از فرایند توزیع و تحویل پیوسته[۱۳] خودکار پیروی کنند.

[13] Continuous Integration/ Continuous Development (CI/CD)

- برنامه‌های کاربردی در نهایت بسیار پایدارتر می‌شوند، چون هر ویژگی می‌تواند به صورت مستقلانه تست و توزیع شود.
- از آنجا که هر سرویس روی پردازش مجزایی میزبانی می‌شود، اگر یک سرویس به نقطه تنگنای برنامه‌ی کاربردی تبدیل شود و به منابع زیادی نیاز داشته باشد، در این صورت می‌توان آن را بدون هیچ گونه تأثیر سوء روی سرویس‌های دیگر، به ماشین دیگری انتقال داد.
- زمانی که کاربران بیشتری شروع به استفاده از یک ویژگی برنامه‌ی کاربردی بکنند، آن سرویس می‌تواند با توزیع روی رایانه‌های قدرتمندتر یا از طریق استفاده از کش بدون این که روی سرویس‌های دیگر هیچ تأثیری بگذارد، مقیاس‌بندی شود.
- این معماری پایداری برنامه‌ی کاربردی را نیز افزایش می‌دهد، چون هر سرویس می‌تواند به صورت مستقلانه ساخته، تست، توزیع و استفاده شود.
- کد برنامه‌ی کاربردی می‌تواند به سادگی نگهداری شود و پردازش‌ها می‌توانند به صورت مجزا تحت نظارت قرار بگیرند.
- توسعه‌دهندگان اختصاصی می‌توانند سرویس‌ها را به صورت مستقل از هم پیاده‌سازی کرده و این سرویس‌ها را بدون تأثیرگذاری روی سرویس‌های دیگر انتشار دهند.
- بدین ترتیب نقطه شکست منفرد نیز از بین می‌رود، زیرا یک سرویس می‌تواند بدون تأثیرگذاری روی ویژگی‌های دیگری که برنامه‌ی کاربردی نرم‌افزاری ارائه می‌کند، متوقف شود.
- در نتیجه این طراحی زمان مورد نیاز برای تحویل نسخه‌های جدید را کاهش می‌دهد و بنابراین هزینه را در طی زمان کاهش می‌دهد.
- قابلیت استفاده مجدد از کد افزایش می‌یابد، زیرا یک ویژگی به صورت سرویس میزبانی شده است و امکان استفاده چند سرویس از یک ویژگی به جای پیاده‌سازی مجدد کد در هر مورد وجود دارد.
- معماری مبتنی بر سرویس امکان استفاده از مجموعه متنوعی از فناوری برای رفع نیازها وجود دارد. به عنوان نمونه بسته‌های تحلیل داده زبان پایتون می‌توانند به صورت مجزا توزیع و میزبانی شوند و همزمان می‌توان از NodeJS برای پیاده‌سازی سرویس‌ها استفاده کرد و ReactJS نیز برای پیاده‌سازی رابط کاربری مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۲-۸: توزیع میکروسرویس‌ها روی سرورهای مختلف

در شکل ۲-۸ نشان داده‌ایم که سرویس‌های متفاوت چگونه می‌توانند روی سرورهای مختلف برنامه‌ی کاربردی توزیع شوند. [۱۳]

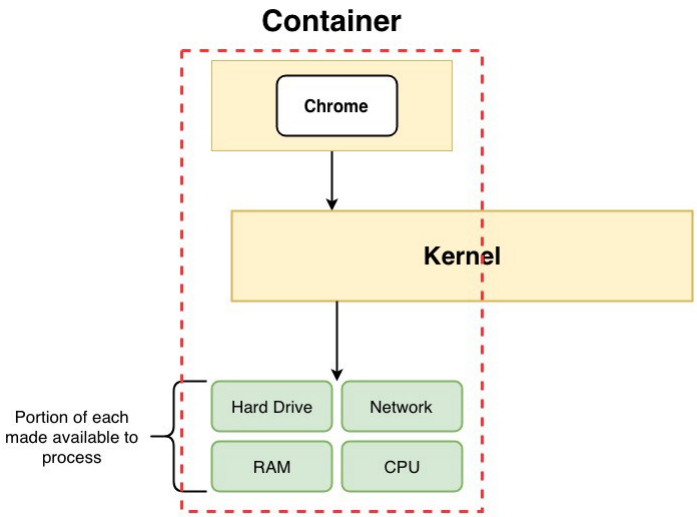
میکروسرویس‌ها می‌توانند با استفاده از طیف متنوعی از فناوری‌ها از جمله داکر و کوبرنتیز پیاده‌سازی و میزبانی شوند. در ادامه به معرفی این فناوری‌ها می‌پردازیم. اما در ابتدا نیاز به آشنایی با مفهوم کانتینر[۱۴] داریم.

۲-۴-۲ کانتینرها

کانتینرها اجازه بسته‌بندی برنامه‌های کاربردی را به همراه تمام قسمت‌هایی که نیاز دارند شامل کتابخانه‌ها و دیگر وابستگی‌هایش، به توسعه‌دهنده‌ها می‌دهند. به عبارت دیگر می‌توانیم کانتینر را شامل پردازه[۱۵] در حال اجرا و منابع سخت‌افزاری اختصاص داده شده به آن پردازه تعریف کرد. (شکل ۲-۹) پس کانتینر به معنی یک قسمت سخت‌افزاری و قابل رویت نیست بلکه یک تعریف انتزاعی به معنای یک پردازه یا گروهی از پردازه‌ها به همراه منابع تخصیص داده شده به آن‌ها می‌باشد.

کانتینرها مکانیزم منطقی بسته‌بندی ارائه می‌دهند بدین معنا که برنامه‌های کاربردی می‌توانند از محیطی که در آن در حال اجرا هستند جدا شوند. این جداسازی باعث می‌شود تا برنامه‌های کاربردی مبتنی بر کانتینرها به راحتی و بدون درنظر گرفتن محیط هدف مستقر شوند. کانتینرایز کردن برنامه‌ها منجربه آن می‌شود که توسعه‌دهندگان تنها بر منطق برنامه فکر کنند و تیم‌های عملیات تکنولوژی اطلاعات بر روی پیاده‌سازی و مدیریت آن تمرکز کنند.

[14] container
[15] process



شکل ۲-۹: نمایش یک کانتینر

برخلاف یک ماشین مجازی، یک کانتینر دارای یک سیستم عامل مجزا نمی‌باشد. سیستم عامل‌ها kernel دارند که یک پروسه اجرایی نرم‌افزاری[۱۶] می‌باشد و وظیفه آن کنترل دسترسی بین برنامه‌های در حال اجرا به منابع سخت‌افزاری موجود در کامپیوتر است.

سیستم عامل‌ها ویژگی به نام name spacing دارند که به وسیله آن می‌شود قطعه‌هایی[۱۷] از منابع سخت‌افزاری موجود ساخت و آنها را به یک برنامه خاص اختصاص داد. در نتیجه به وسیله name spacing می‌شود منبع سخت‌افزاری را بر طبق پردازه یا برنامه اجرایی جدا و ایزوله کرد. البته ویژگی name spacing فقط برای سخت‌افزار نمی‌باشد و برای نرم‌افزار هم تعریف می‌شود. یک ویژگی دیگر هم با نام control group وجود دارد که به وسیله آن می‌توان مقدار منبعی که یک پردازه می‌تواند استفاده کند را محدود کرد. در نتیجه به وسیله این دو ویژگی می‌توان برای هر پردازه منابعی را اختصاص داد و آن منابع را محدود کرد.

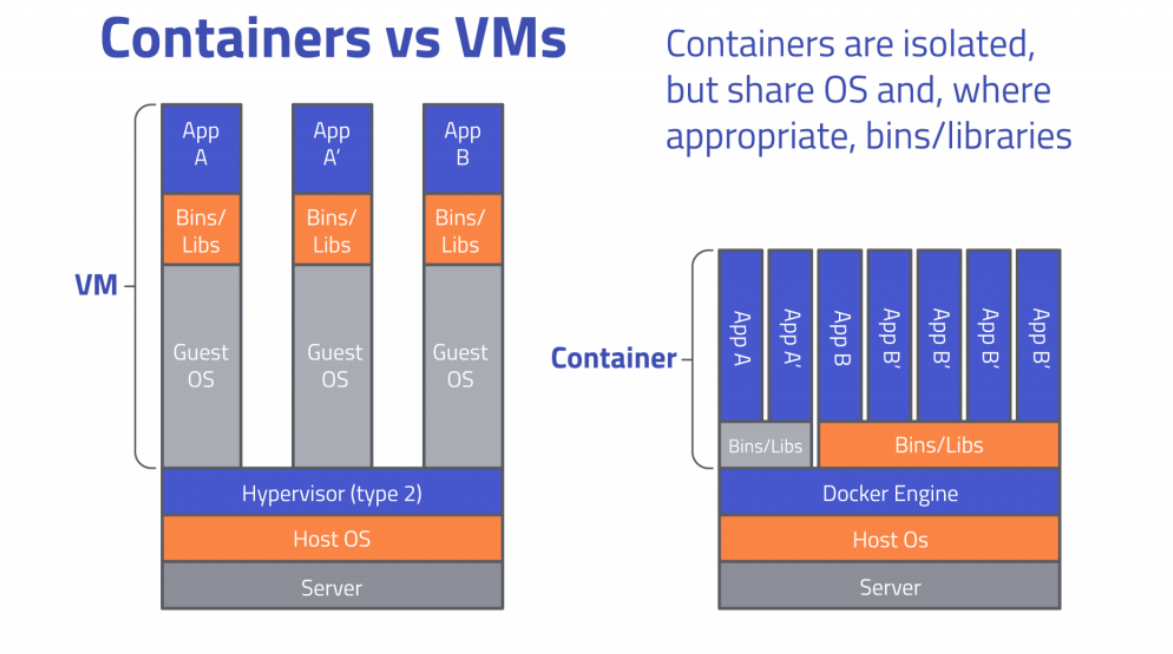
در این میان نیاز به تعریف مفهومی با عنوان ایمیج[۱۸]داریم. ایمیج فایل‌های سیستمی[۱۹] است که شامل همه‌ی وابستگی‌ها و تنظیمات موردنیاز برای اجرای یک برنامه خاص می‌باشد. ایمیج را می‌توان به کانتینر تبدیل کرد. برای این کار ابتدا kernel منابع سخت‌افزاری لازم را جدا می‌کند به طوری که فقط پردازه‌های کانتینر موردنظر می‌توانند به این منابع دسترسی داشته باشند. در ادامه فایل‌های موردنیاز آن کانتینر نیز جدا می‌شوند و بدین ترتیب یک کانتینر ساخته می‌شود.

[16] running software process
[17] segments
[18] image
[19] file system

۲-۴-۳ داکر

در قسمت قبل با مفهوم کانتینر آشنا شدیم. حال سوال این است که چگونه می‌توانیم کانتینر را بسازیم و سپس با آن کار کنیم؟ در این قسمت با ابزاری به نام داکر[۲۰] آشنا می‌شویم.

داکر وظیفه مدیریت کانتینرها را به عهده دارد و بیشتر شبیه یک ماشین مجازی عمل می‌کند، تفاوت داکر با ماشین مجازی در این است که در ماشین مجازی برای اجرای برنامه‌ی کاربردی و برنامه های مختلف که بخواهیم به صورت ایزوله و مجزا از هم کار کنند باید ماشین‌های مجازی مختلف ساخته شود که همین موضوع بار پردازشی و هدر رفت منابع سیستمی را روی سرور به همراه دارد. ولی در داکر روی یک ماشین مجازی خاص که می‌تواند دارای سیستم عامل ویندوز یا لینوکس باشد، ماژول داکر نصب شده و سپس روی سرویس داکر، کانتینرهای مختلف حاوی برنامه‌های کاربردی مختلف نصب و اجرا می‌شوند بدون اینکه کانتینرها به هم دسترسی داشته باشند. (شکل ۲-۱۰) بدین صورت کانتینرها از هم ایزوله هستند و نیاز ما برای ایجاد چندین ماشین مجازی را مرتفع می‌سازند. از طرف دیگر کانتینرهای داکر به راحتی در فضای رایانش ابری قرار می‌گیرد و به نوعی طراحی شده که تقریباً تمامی برنامه‌های کاربردی که از متدولوژی توسعه عملیات[۲۱] بهره می‌گیرند با داکر تعامل داشته باشند.



شکل ۲-۱۰: مقایسه‌ی داکر و ماشین مجازی

[20] Docker

[۲۱] توسعه عملیات (DevOps)، مجموعه‌ای از روشها، فرایندها و ابزارهایی است که با تمرکز بر همکاری و یکپارچگی بین تیم‌های توسعه نرم‌افزار و عملیات فناوری اطلاعات، ارزش‌های تولید شده را به‌طور سریع و مداوم به مشتریان نهایی می‌رساند.

داکر محیطی محلی را برای توسعه فراهم می‌کند که این محیط دقیقاً عمل‌کرد یک سرور را در اختیار توسعه‌دهندگان قرار می‌دهد. این امر برای روش توسعه توزیع و تحویل پیوسته (CI/CD) کاربرد زیادی دارد. از این طریق می‌توان چندین محیط توسعه را از یک میزبان مشخص با یک نرم‌افزار، سیستم‌عامل و تنظیمات واحد اجرا کرد. از طرف دیگر پروژه را می‌توان روی چند سرور جدید و مختلف آزمایش کرد و تمامی اعضای گروه بر روی یک پروژه واحد با تنظیمات همانند قادر به همکاری هستند. این کار توسعه‌دهندگان را قادر می‌سازد تا نسخه‌های جدید برنامه خود را به سرعت آزمایش کرده و از عملکرد صحیح آن اطمینان خاطر حاصل کنند.

تمامی زیرساخت‌های فناوری اطلاعات نیازمند مدیریت و نظارت هستند و در همین راستا کانتینرها نیز باید نظارت شوند و در حالت کنترل‌شده‌ای قرار بگیرند. درغیر این صورت مشخص نخواهد شد سرور چه برنامه‌هایی را اجرا می‌کند. خوشبختانه از برنامه‌های دواپس می‌توان برای مانیتور کانتینرهای داکر کمک گرفت، اما به این نکته نیز باید اشاره کرد که این برنامه‌ها برای کانتینرها بهینه نشده‌اند. اینجاست که باید سراغ ابزارهای مدیریت و نظارت رایانش ابری را بگیرید. ابزارهایی مانند Docker Swarm، Kubernetes و Mesosphere در این زمینه گزینه‌های خوبی به‌نظر می‌رسند و تجربه نشان داده است در بین این ابزارها Kubernetes محبوبیت بیشتری پیدا کرده است. [۱۸]

۲-۴-۴ کوبرنتیز

مفاهیم اولیه

کوبرنتیز یک هماهنگ‌کننده‌ی کانتینری[۲۲] متن باز، قابل حمل و قابل توسعه می‌باشد که برای اجرا و مدیریت کانتینرها و همچنین جهت تسهیل تنظیمات توسعه داده شده‌است. کوبرنتیز بر مبنای ۱۵ سال تجربه گوگل در ساختن کانتینرها بنا شده‌است.

از ویژگی‌های کوبرنتیز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. کشف سرویس و توزیع‌بار[۲۳]:

کوبرنتیز بدون احتیاج به تغییر برنامه کاربردی این امکان را می‌دهد تا سرویس خود را ثبت نام کنید و اجازه دهید تا بقیه سرویس‌ها از وجود آن خبردار شوند. کوبرنتیز به هر کانتینر یک آدرس آی‌پی اختصاصی می‌دهد و برای هر گروه از کانتینرها یک نام DNS اختصاص می‌دهد که امکان توزیع بار بین آن‌ها را فراهم می‌کند.

[22] container orchestration

[23] Service discovery and load balancing

۲. هدایت‌کردن انبارهای ذخیره اطلاعات[۲۴]:

کوبرنتیز این اجازه را می‌دهد تا به صورت خودکار انبارهای ذخیره اطلاعات سیستم را مقداردهی کنید.

۳. تطبیق خودکار[۲۵]:

بدین معنی که حالت مورد انتظار خود را به کوبرنتیز معرفی می‌کنید و کوبرنتیز حالت فعلی را به حالت مورد انتظار تبدیل می‌کند.

۴. بسته‌بندی خودکار[۲۶]:

با توجه به نیازمندی و منابع موردنیاز هر کانتینر، کوبرنتیز به صورت اتوماتیک کانتینرها را بر روی نودها قرار می‌دهد.

۵. ترمیم خودکار[۲۷]:

کوبرنتیز به صورت خودکار تمامی کانتینرهایی که موفق به اجرا نشوند را بازنشانی می‌کند. همچنین در صورتی که نودای که کانتینر بر روی آن در حال اجرا است، دچار مشکل شود، کوبرنتیز تمامی کانتینرهای در حال اجرا بر روی آن را مجدداً روی نودهای باقی‌مانده قرار می‌دهد.

۶. توسعه‌پذیری افقی:

کوبرنتیز این امکان را می‌دهد تا برنامه کاربردی خود را به صورت اتوماتیک کوچک یا بزرگ کنید. همچنین این امکان را می‌دهد تا این کار را بر عهده‌ی خود کوبرنتیز قرار دهید و این کار به صورت خودکار انجام گیرد.

۷. مدیریت secret ها و تنظیمات[۲۸]:

کوبرنتیز امکان ذخیره و مدیریت اطلاعات حساس مانند رمزعبورها، OAuth tokens ، ssh keys را می‌دهد. می‌توانید بدون بازسازی کانتینرها، secrets و تنظیمات، محصول کاربردی را پیاده‌سازی و یا به‌روز کنید. این کار بدون نمایش‌دادن secret در فایل‌های تنظیمات انجام می‌گیرد.

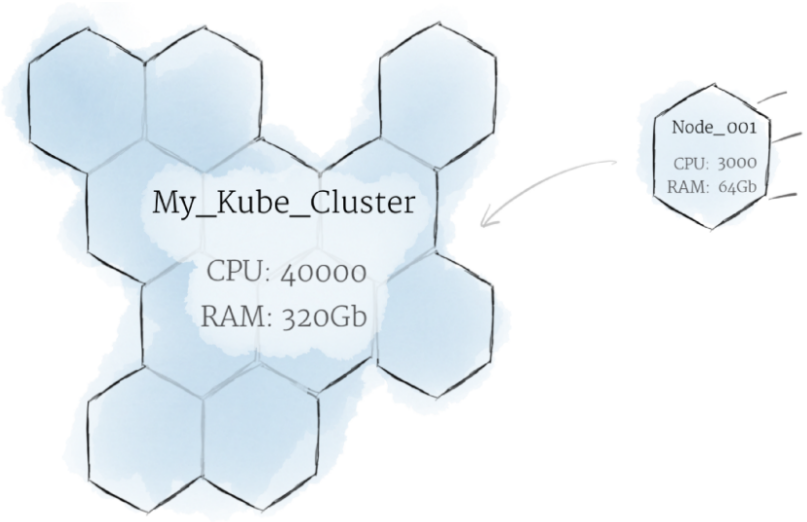
[24] Storage orchestration
[25] Automated rollouts and rollbacks
[26] Automatic bin packing
[27] Self-healing
[28] Secret and configuration management

معماری کوبرنتیز

اولین مرحله جهت کار کردن با کوبرنتیز شناخت معماری و اجزای آن است.

یک نود کوچک‌ترین جزء سخت‌افزارهای محاسباتی در کوبرنتیز است. نود نماینده یک ماشین در خوشه است. در بیشتر سیستم‌های تولید، به احتمال زیاد نود یک ماشین فیزیکی در مرکز داده و یا یک ماشین مجازی بر روی ارائه‌دهندگان ابری می‌باشد. تعریف یک نود به عنوان یک ماشین، این اجازه را می‌دهد که یک لایه از مفاهیم را استفاده کنیم. بدین معنا که نیاز نیست نگران مشخصات یکتا ماشین باشیم بلکه هر ماشین را مجموعه‌ای منابع مانند CPU و GPU درنظر می‌گیریم که می‌توانند استفاده شوند. بدین ترتیب هر ماشین می‌تواند جایگزین ماشینی دیگر در دنیای کوبرنتیز شود.

اگرچه کارکردن با تک‌نودها می‌تواند مفید باشد اما این روش کوبرنتیز نیست. به طور کلی در کوبرنتیز ما یک خوشه[۲۹] را به جای حالت‌های تک‌نودها درنظر می‌گیریم (شکل ۲-۱۱). در کوبرنتیز نودها منابع خود را به اشتراک می‌گذارند تا یک ماشین قدرتمندتر شکل گیرد. وقتی برنامه‌های خود را بر روی خوشه مستقر می‌کنید، کارهای اجرایی برنامه به صورت هوشمندانه بر روی تک نودها توزیع می‌شود. اگر نودی اضافه یا حذف شود، خوشه کارها را بر روی نودها جابه‌جا می‌کند. لازم به ذکر است برنامه و برنامه‌نویس با نحوه اجرای برنامه و توزیع آن بر روی نودها درگیر نیستند.

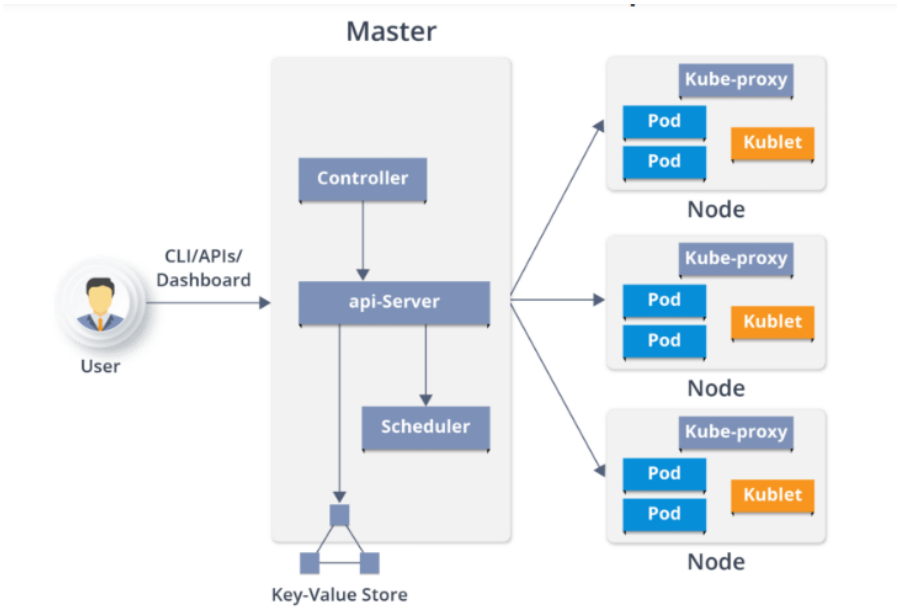


شکل ۲-۱۱: رابطه‌ی نود و خوشه در کوبرنتیز

تصویر (شکل ۲-۱۲) معماری یک خوشه کوبرنتیز[۳۰]می‌باشد. از آن جایی که کوبرنتیز یک خوشه محاسباتی را پیاده می‌کند، همه چیز در داخل این خوشه کوبرنتیز اتفاق می‌افتد. این خوشه میزبانی

[29] cluster
[30] Kubernetes Cluster

یک نود با نام مستر[۳۱] و نودهای دیگر با نام نود کارگر[۳۲] را بر عهده دارد. همچنین خارج خوشه یک متعادل‌کننده بار[۳۳] وجود دارد که ترافیک خارجی را کنترل و بین نودها پخش می‌کند. مستر کنترل خوشه و نودهای داخل آن را برعهده دارد. هر نود میزبان یک یا تعدادی پاد[۳۴] می‌باشد و هر پاد شامل گروهی از کانتیرها می‌باشد که برای یک هدف با یکدیگر در تعامل هستند.



شکل ۲-۱۲: معماری خوشه کوبرنتیز

در نتیجه به طور کلی معماری خوشه‌ی کوبرنتیز دارای اجزا اصلی زیر می‌باشد:

۱. نودهای مستر

۲. نودهای کارگر

۳. مراکز ذخیره اطلاعات توزیع‌شده به صورت key-value[۳۵]

نود مستر

نود مستر را می‌توان یک نقطه شروع برای همه کارهای اجرایی که قرار است آن خوشه کوبرنتیز بر عهده داشته باشد، دانست. می‌توان برای چک کردن تحمل خطا بیش از یک نود مستر را در خوشه قرار

[31] master
[32] worker node
[33] load balancer
[34] pod
[35] Distributed key-value store(etcd)

داد. در این حالت نیز یکی از نودهای مستر به عنوان نود اصلی شناخته می‌شود و ما دستورات لازم را به آن اعمال می‌کنیم. تنها نودهای مستر توانایی اجرای عملیات زمان‌بندی کانتینرها بر روی نودهای کارگر یا خودشان را دارا می‌باشند. هر نود مستر یک رابط برنامه‌نویسی دارد که از طریق آن با رابط کنسولی و یا رابط تحت وب می‌توان با نود مستر ارتباط برقرار نمود.

در کوبرنتیز نودها به وسیله مستر ساخته و مدیریت می‌شوند. در واقع در مستر برنامه‌هایی اجرا می‌شوند، که این برنامه‌ها ساخت و اجرای نودها را کنترل می‌کنند. توسعه‌دهندگان برنامه‌های خود را در قالب فایل تنظیمات[۳۶] به مستر می‌دهند و مستر برنامه خواسته‌شده را در نودها پخش می‌کند.

نود مستر دارای چهار جز اصلی است که به تشریح آن‌ها می‌پردازیم:

۱. Api server:

تمام کارهای مدیریتی از طریق API server در نود مستر انجام می‌شود. تمام دستورات REST که به API server فرستاده می‌شوند در این قسمت اعتبارسنجی و پردازش می‌شوند. پس از اجرای درخواست، نتیجه به‌دست‌آمده در مراکز ذخیره اطلاعات توزیع‌شده ذخیره می‌شوند.

۲. زمان‌بند[۳۷]:

این قسمت وظیفه زمان بندی کارها را برای نودهای کارگر بر عهده دارد. همچنین اطلاعات مصرف منابع هر نود کارگر را در خود نگه می‌دارد.

۳. مدیر کنترل[۳۸]:

یک daemon[۳۹] است که وظیفه کنترل حلقه‌های بدون انتها را بر عهده دارد. همچنین وظیفه اجرای توابع چرخه زندگی[۴۰] مانند ساخت namespace و lifecycle، جمع‌آوری زباله (باقی‌مانده) رویدادها، جمع‌آوری زباله (باقی‌مانده) پادهای خاتمه‌یافته، جمع‌آوری زباله (باقی‌مانده) پاک‌کردن‌های آبشاری، جمع‌آوری زباله (باقی‌مانده) نودها و ... را بر عهده دارد. از وظایف دیگر این قسمت نظارت و دنبال‌کردن وضعیت مورد انتظار اشیاء و وضعیت فعلی اشیاء می‌باشد و زمانی که این دو وضعیت در شرایط برابر نباشند، حلقه اصلاحی را به سیستم اعمال می‌کند تا این دو وضعیت برابر شوند.

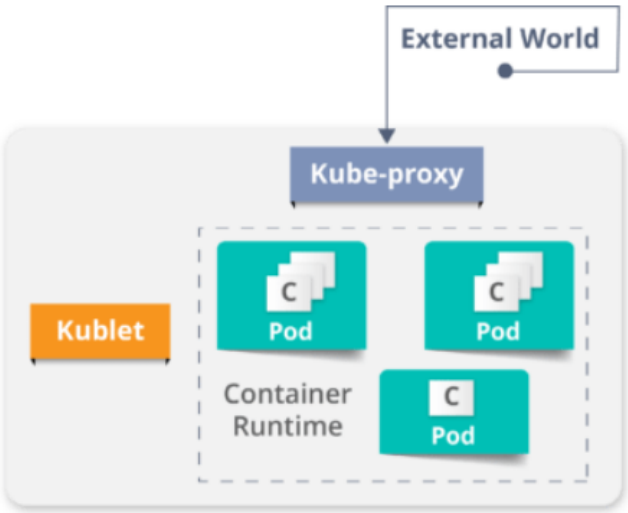
[36] config file
[37] scheduler
[38] controller manager
[۳۹] در سیستم عامل‌ها ، یک برنامه کامپیوتری است که به جای آن که تحت کنترل مستقیم یک کاربر باشد، به عنوان یک پردازه در پس‌زمینه اجرا می‌شود.
[40] lifecycle

۴. ETCD:

یک مرکز ذخیره‌سازی توزیع‌شده به صورت key-value می‌باشد که حالت خوشه را در خود نگه می‌دارد. هم می‌تواند قسمتی از نود مستر باشد و هم می‌تواند یک تنظیمات خارجی باشد. علاوه بر حالت خوشه جزییات تنظیمات خوشه را نیز در خود نگه‌داری می‌کند.

نود کارگر

یک سرور فیزیکی و یا یک ماشین مجازی می‌باشد که به وسیله پاد برنامه‌های کاربردی را اجرا می‌کند و به وسیله نود مستر کنترل می‌شود. نود کارگر دارای قسمت‌های زیر می‌باشد: (شکل ۲-۱۳)



شکل ۲-۱۳: معماری نود کارگر

۱. container runtime:

جهت اجرای چرخه زمان کانتینرها، نود کارگر به این قسمت نیازمند است. گاهی اوقات داکر به عنوان یک container runtime معرفی می‌شود اما در واقع داکر پلتفرمی می‌باشد که از کانتینرها به عنوان یک container runtime استفاده می‌کند.

۲. Kubelet:

یک عامل است که با نود مستر ارتباط برقرار می‌کند و بر روی نودهای کارگر اجرا می‌شود. همچنین مشخصات فنی پادها را دریافت می‌کند و کانتینرهایی که به پادها مرتبط هستند را اجرا می‌کند. سپس از اجرا و سلامتی کانتیرها اطمینان حاصل می‌کند.

۳. Kube-proxy:

جهت ارتباط با شبکه (host sub-netting) بر روی هر نود اجرا می‌شود و اطمینان حاصل می‌کند که سرویس‌ها برای قسمت‌های خارجی در دسترس هستند. همچنین به عنوان یک پروکسی شبکه و یک متعادل کننده بار برای سرویس عمل می‌کند و مسیریابی شبکه را برای بسته‌های TCP و UDP انجام می‌دهد. این پروکسی شبکه دائما به API server گوش می‌دهد. برای هر سرویس یک مسیریابی انجام می‌دهد تا بتوان به آن دسترسی داشت.

۴. Pod:

شامل یک یا چند کانتینر است که کانتینرها از لحاظ منطقی با هم برابرند. پادها به عنوان یک واحد منطقی اجرا می‌شوند. پادها نیاز ندارند که بر روی یک ماشین مجازی اجرا شوند بلکه می‌توان هر کدام را بر روی یک ماشین مجازی متفاوت اجرا کرد.

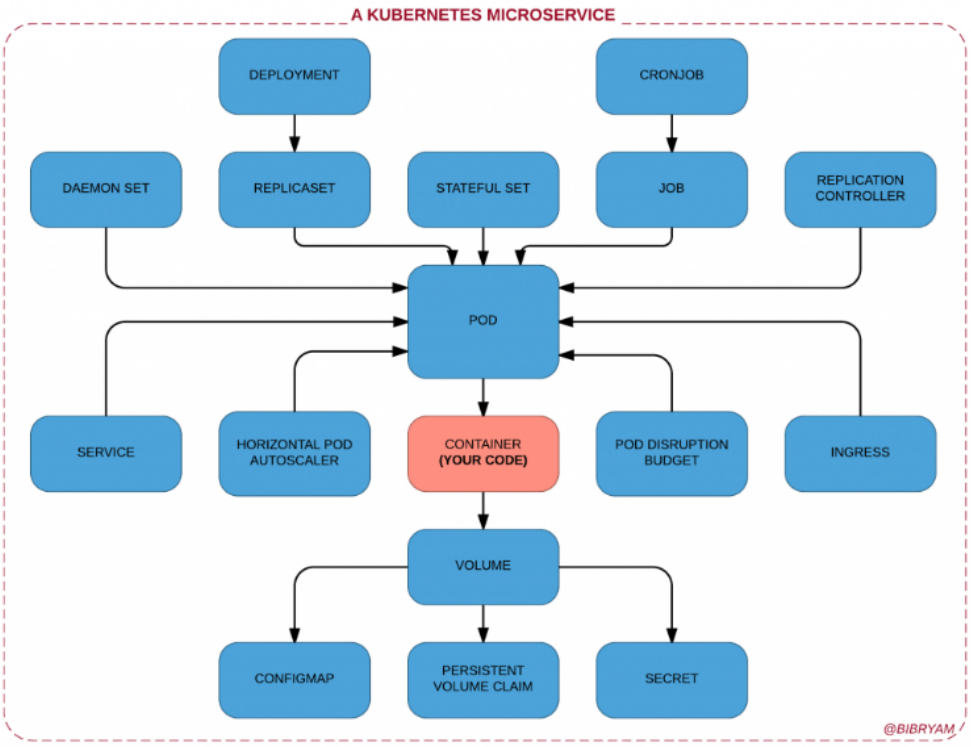
اشیاء کوبرنتیز

در فضای یک نود کارگر می‌توان از اشیاء[۴۱] مختلفی استفاده کرد. اشیاء در کوبرنتیز موجودیت‌های ماندگار هستند. کوبرنتیز از این موجودیت‌ها برای نشان‌دادن حالت و وضعیت خوشه استفاده می‌کند. مهم‌ترین مواردی که این موجودیت‌ها توصیف می‌کنند شامل مشخص‌کردن برنامه‌های کاربردی کانتینر شده در حال اجرا، منابع در دسترس برای برنامه‌های در حال اجرا، سیاست‌هایی که مشخص می‌کند این برنامه‌ها چگونه رفتار کنند و ... می باشد. اشیاء کوبرنتیز یک بار توسط توسعه‌دهنده ایجاد می‌شوند و سیستم کوبرنتیز دائماً این اشیا را زیرنظر می‌گیرد و از وجود آن‌ها اطمینان حاصل می‌کند. با ایجاد یک شی، به سیستم کوبرنتیز می‌گویید که می‌خواهید خوشه چگونه کار کند. بدین ترتیب حالت مورد انتظار خوشه را مشخص می‌کنید. جهت ساخت، اصلاح و یا حذف اشیا نیازمند kubernetes API هستید.

هر شیء کوبرنتیز شامل دو قسمت تودرتو می‌باشد و هر قسمت خود یک شیء است. این دو قسمت تنظیمات شیء را اداره می‌کنند. این دو قسمت spec و status نام دارند. قسمت spec که توسعه‌دهنده باید آن را مهیا کند، حالت مورد انتظار شیء را توصیف می‌کند. قسمت status حالت حقیقی و فعلی شیء را توصیف می‌کند که به وسیله سیستم کوبرنتیز تهیه و به‌روز می‌شود.

نمونه‌ای از اشیاء کوبرنتیز در شکل ۲-۱۴ نشان داده شده است.

[41] object



شکل ۲-۱۴: نمونه‌ای از اشیاء موجود در کوبرنتیز

تعدادی از اشیاء کوبرنتیز را معرفی می‌کنیم: [۱۷]

۱. Pod:

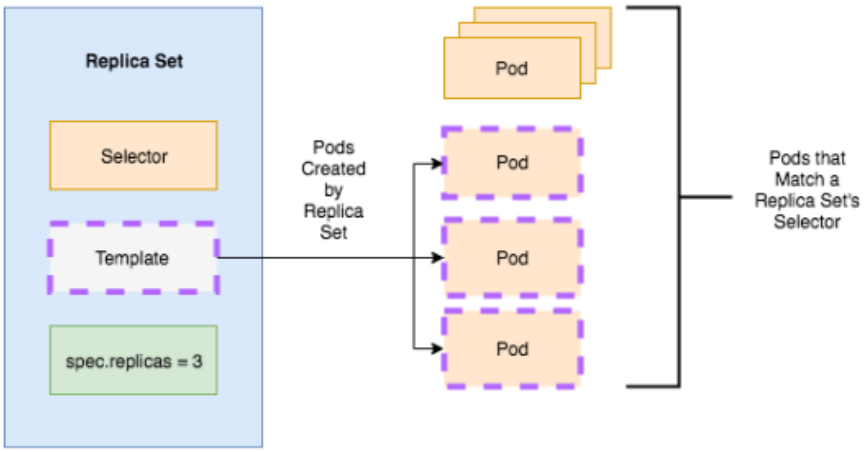
پاد گروهی از یک یا چند کانتینر با انبار ذخیره‌سازی [۴۲] و شبکه به‌اشتراک گذاشته شده می‌باشد. کوبرنتیز به طور مستقیم کانتینرها را اجرا نمی‌کند، بلکه یک یا چند کانتینر را در ساختاری با نام پاد بسته‌بندی می‌کند. کانتینرهای داخل یک پاد دارای منابع یکسان به همراه شبکه محلی یکسان هستند و به آسانی با دیگر کانتینرهای داخل پاد ارتباط برقرار می‌کنند. این امر به این دلیل است که بر روی یک ماشین قرار دارند. پاد به عنوان واحدی برای تکثیر در کوبرنتیز شناخته می‌شود. اگر استفاده از برنامه کاربردی به اندازه‌ای شود که یک پاد توانایی تحمل بار آن را نداشته باشد، کوبرنتیز می‌تواند به گونه‌ای تنظیم شده باشد که در این حالت پاد موردنظر را تکثیر کند. حتی اگر برنامه زیر بار سنگین نباشد، حالت استاندارد این است که چند کپی از پاد در یک لحظه در حال اجرا باشد تا تعادل بار و کنترل شکست آسان‌تر شود. پادها توانایی نگه‌داری چندین کانتینر را دارند اما ترجیح بر آن است که در هر پاد یک کانتینر نگه‌داری شود. چرا که پادها واحدی برای مقیاس‌پذیری هستند در نتیجه در صورت زیاد و یا کم شدن تعداد پادها، همه کانتینرهای داخل

[42] storage

پاد با هم زیاد و کم می‌شوند درحالی که ممکن است تنها لازم باشد مقیاس یکی از کانتینرها تغییر کند. در نتیجه این امر باعث هدر رفتن منابع و افزایش هزینه‌ها می‌شود.

۲. Replica set:

یکی از مزایای کلیدی پادها این است که به توسعه‌دهندگان این اجازه را می‌دهند تا مجموعه‌ای از کانتینرها را به عنوان یک برنامه واحد گروه‌بندی و دسته‌بندی کنند و به آسانی با آن‌ها به عنوان یک حجم کار [۴۳] کار کنند. پس از ساخت پادها، نمونه‌هایی از پادهای ساخته‌شده می‌توانند به صورت افقی مقیاس‌بندی[۴۴] شوند تا برنامه‌های چند کانتینری در دسترس باشند. برای مدیدیت مقیاس‌پذیری پادها، کوبرنتیز از یک API object استفاده می‌کند که replica set نام دارد. بر طبق مستندات کوبرنتیز، replica set ها این اطمینان را می‌دهند که تعداد مشخصی از کپی‌های پادها در هر زمان در حال اجرا باشند. در replica set سه قسمت اصلی وجود دارد. (شکل ۲-۱۵) قسمت اول selector نام دارد. وظیفه این قسمت انتخاب پاد موردنظر جهت مدیریت آن است. قسمت دوم template نام دارد. replica set با توجه به این قسمت پاد خواسته‌شده ساخته می‌شود. قسمت سوم replicas نام دارد که تعداد پادهای خواسته‌شده در این قسمت قرار می‌گیرد. با این که replica set ها توانایی مدیریت پادها را دارند اما قادر به به‌روزرسانی متحرک[۴۵] نیستند. به همین دلیل از تعریف جدیدی به نام deployment استفاده می‌شود. [۱]



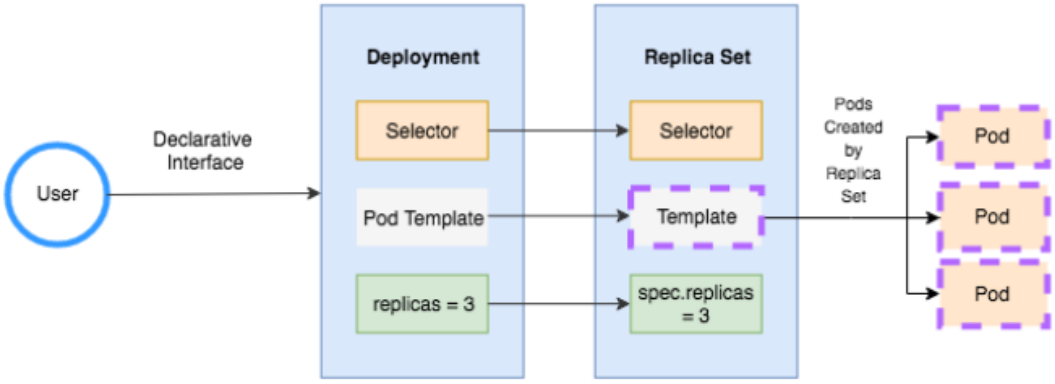
شکل ۲-۱۵: نحوه عملکرد replica set

[43] workloads
[44] scale
[45] rolling update

۳. Deployment:

با اینکه پادها اساسی‌ترین واحد محاسباتی در کوبرنتیز می‌باشند، اما به صورت مستقیم بر روی خوشه کوبرنتیز راه‌اندازی نمی‌شوند. در عوض پادها به وسیله‌ی یک لایه انتزاعی به نام deployment مدیریت می‌شوند. هدف اولیه deployment ها این است که مشخص کنند چند کپی از پاد در یک زمان باید در حال اجرا باشند. وقتی یک deployment به خوشه اضافه می‌شود، به صورت اتوماتیک ابتدا تعداد پادهای درخواست‌شده را راه‌اندازی می‌کند سپس بر آن‌ها نظارت می‌کند. اگر یک پاد بمیرد، deployment به صورت خودکار دوباره آن را می‌سازد.

از نگاهی دیگر deployment، پادها و replica set ها را بسته‌بندی می‌کند و روشی اعلامی[۴۶] برای به‌روزرسانی حالات آن‌ها مهیا می‌کند. (شکل ۲-۱۶)



شکل ۲-۱۶: روش اعلامی ایجاد شده توسط deployment

۴. Service:

یک مفهوم است که مجموعه‌ی منطقی از پادها و سیاست‌های دسترسی به آن‌ها را تعریف می‌کند. Service ها یک نقطه پایان[۴۷] برای پادها مشخص می‌کنند تا بتوانیم به آن‌ها دسترسی داشته باشیم و بدانیم در چه وضعیتی هستند.

۵. Storage class:

راهی برای توصیف کلاس‌های فضای ذخیره توسط مدیران تهیه می‌کند.

۶. Persistent Volumes:

اگر یک برنامه اطلاعات خود را در یک فایل محلی در نود ذخیره کند، زمانی که برنامه به هر دلیلی

[46] declarative method
[47] endpoint

به نود دیگر انتقال پیدا می‌کند، تضمینی وجود ندارد که اطلاعات در دسترس باشند. به همین علت می‌توان گفت انبارهای ذخیره‌سازی که در نودها وجود دارند به عنوان حافظه‌های موقت عمل می‌کنند و داده‌هایی در آن‌ها جا می‌گیرند پایدار نیستند. برای ذخیره اطلاعات به صورت دائمی کوبرنتیز از Persistent Volumes استفاده می‌کند. Persistent Volume ها چرخه حیاتی دارند و مستقل از پادهایی هستند که به آن‌ها متصل می‌شوند.

۷. Persistent Volume Claim:

یک تعریف انتزاعی از Persistent Volume می‌باشد. Persistent Volume ها منابع فیزیکی زیرساخت‌ها می‌باشند. کوبرنتیز جهت پنهان‌کردن جزییات از توسعه‌دهندگان این مفهوم را استفاده می‌کند. با استفاده از این مفهوم می‌توان تعاریف فیزیکی تعریف‌شده توسط Persistent Volume و Storage class را پنهان کرد.

۸. Ingress:

به صورت پیش فرض کوبرنتیز پادها را از محیط بیرون مستقل و ایزوله کرده است. اگر می خواهید کانالی برای ارتباط پادها با فضای بیرون ایجاد کنید از Ingress باید استفاده کنید.

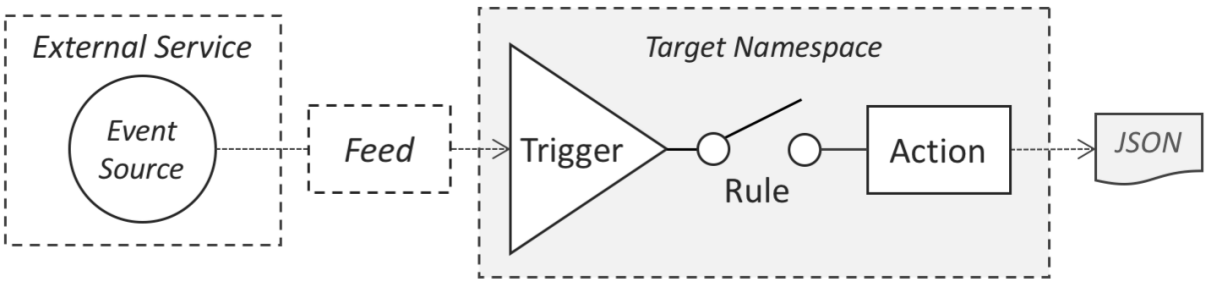
OpenWhisk ۵-۲

شرکت سرویس های وب آمازون با راه اندازی سرویس بدون سرور خود به اسم OpenWhisk در سال ۲۰۱۴ تغییر شگرفی در عرصه رایانش ابری ایجاد کرد. Lambda این امکان را به توسعه دهندگان نرم افزار داد که تنها با نوشتن تابع های خود به عنوان کنترل کننده های رویداد بتوانند هزاران رویداد را همزمان پردازش کنند. پس از معرفی Lambda گروهی در شرکت IBM متوجه ارزش بستر بدون سرور شدند و در سال ۲۰۱۵ تصمیم گرفتند که یک بستر بدون سرور را برای ابر IBM طراحی کنند. در ابتدا این بستر "Whisk" نام داشت که پس از گذشت یک سال متن باز شد و نام آن به OpenWhisk تغییر کرد. اکنون این پروژه قسمتی از Apache Software Foundation است و به عنوان اصلی ترین جایگزین متن باز برای Lambda حساب می‌شود. محصولات بدون سرور شرکت های IBM و Adobe با این بستر ساخته شده اند و همچنین بسیاری از شرکت های ارائه دهنده تلفن همراه و اینترنت از آن استفاده می‌کنند.

OpenWhisk یک بستر بدون سرور متن باز است که برای آسان کردن توسعه برنامه های کاربردی درون ابر طراحی شده است. برای معرفی و آشنایی بیشتر با این بستر ابتدا با توضیح معماری و ساختارش شروع می‌کنیم و سپس به بررسی نحوه عملکرد قسمت های مختلفش می‌پردازیم.

معماری OpenWhisk ۱-۵-۲

همانطور که در شکل ۲-۱۷ مشخص است، OpenWhisk تابع هایی به اسم action را در پاسخ به رویدادها اجرا می‌کند. این رویدادها می‌توانند توسط تایمرها، پایگاه داده‌ها، صف‌های پیام و یا وبسایت‌های مختلف تولید شده باشند. OpenWhisk کد منبع را با رابط خط فرمان (CLI) ورودی می‌گیرد و سرویس های خود را از راه شبکه اینترنت به مصرف کننده های مختلف مانند وب سایت ها، برنامه های کاربردی تلفن همراه و یا سرویس های REST API ارائه می‌دهد.



شکل ۲-۱۷: نحوه‌ی عملکرد رویداد محور OpenWhisk

۲-۵-۲ تابع‌ها و رویدادها

OpenWhisk با اجرا کردن تابع ها کارها را انجام می‌دهد. تابع تکه‌ای از کد است که چند ورودی دریافت و در پاسخ یک خروجی تولید می‌کند. یک تابع به طور کلی وضعیت را نگه نمی‌دارد (stateless)، اما برنامه های کاربردی که سمت سرور اجرا می‌شوند (backend) وضعیت را کاملاً حفظ می‌کنند (stateful). حفظ کردن وضعیت، مقیاس پذیری را محدود می‌کند زیرا در مقیاس های بالا به فضای خیلی زیادی برای نگهداری داده ها نیاز است. مهم تر از آن به سیستمی‌نیاز است که وضعیت بین فراخوانی‌های مختلف را همگام سازی کند. در نتیجه با افزایش بار سرور، زیرساخت عملیات حفظ و همگام‌سازی وضعیت تبدیل به مانعی در برابر رشد کردن پروژه می‌شود. حفظ نکردن وضعیت اما این مزیت را دارد که می‌توان به راحتی چندین سرور دیگر را برای پروژه به کار گرفت بدون این که نیازی به همگام سازی وضعیتشان باشد.

در OpenWhisk و به طور کلی در محیط بدون سرور تابع ها نباید وضعیت را نگهداری کنند. در محیط بدون سرور می‌توان وضعیت را نگهداری کرد اما نه در سطح یک تابع. برای نگهداری وضعیت باید از محل‌های ذخیره‌سازی مخصوصی استفاده شود که دارای قابلیت مقیاس پذیری بالا هستند.

OpenWhisk زیرساخت را مدیریت می‌کند و آن را برای رخ دادن اتفاق مهمی آماده نگه می‌دارد. این اتفاق مهم رویداد[۴۸] نام دارد. تنها در صورتی یک تابع فراخوانی و اجرا می‌شود که رویدادی رخ داده باشد. این پردازش رویدادها در واقع مهم ترین عملیاتی است که محیط بدون سرور آن را مدیریت می‌کند. در نتیجه توسعه دهنده ها تنها باید برنامه ای بنویسند که به این رویدادها به طرز صحیحی پاسخ دهد و بقیه کارها به عهده ی ارائه دهنده ی سرویس می‌باشد.

۲-۵-۳ زبان های برنامه نویسی OpenWhisk

action های OpenWhisk را می‌توان با بسیاری از زبان های برنامه نویسی نوشت. اما معمولاً از زبان های تفسیر شده[۴۹] استفاده می‌شود، مانند JavaScript، Python یا PHP. این زبان های برنامه نویسی به دلیل اجرا پذیر بودن بدون نیاز به کامپایل، در بازخورد طراحی خیلی سریع هستند. همچنین چون جزو زبان های سطح بالا محسوب می‌شوند، استفاده از آن ها نیز راحت تر است، اما در اجرا کندتر از زبان های کامپایل شده هستند.

علاوه بر زبان های تفسیر شده می‌توان از زبان های تفسیر شده ی از قبل کامپایل شده مانند Java و Scala استفاده کرد. این زبان ها توسط ماشین مجازی Java یا به اختصار JVM اجرا می‌شوند.

[48] event
[49] interpreted

در نهایت از زبان های کامپایل شده نیز در OpenWhisk می‌توان استفاده کرد. در این حالت یک فایل باینری اجراپذیر بر روی سیستم بدون هیچ واسطه‌ای اجرا می‌شود. OpenWhisk تنها از زبان های Go و Swift در این دسته از زبان ها پشتیبانی می‌کند.

به جز زبان های گفته شده از هر نوع زبان و سیستمی نیز برای تعریف action های OpenWhisk می‌توان استفاده کرد به این شرط که به عنوان یک ایمیج داکر بسته بندی شود و در Docker hub منتشر شود. OpenWhisk می‌تواند با دریافت ایمیج، آن را اجرا کند.

۲-۵-۴ Action ها

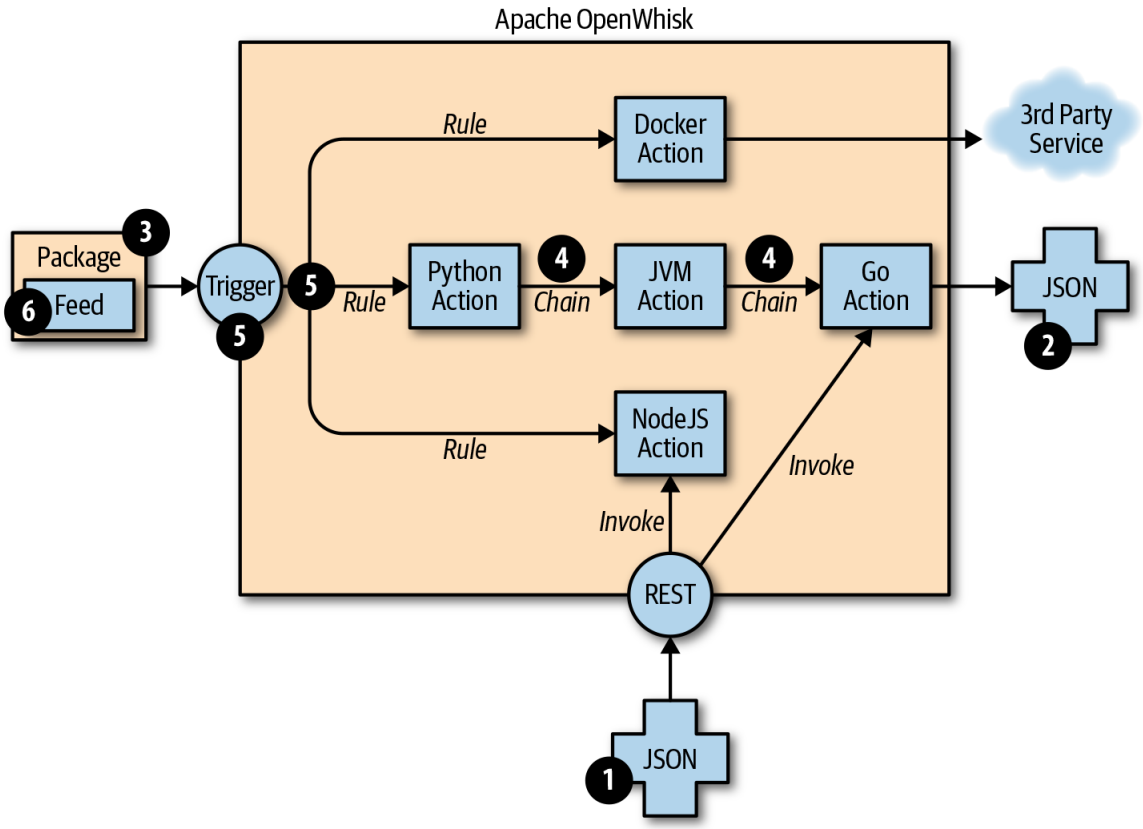
برنامه های ساخته شده با OpenWhisk مجموعه ای متشکل از action ها هستند. این action ها تکه ای کد هستند که با زبان های گفته شده نوشته شده اند و می‌توان آن ها را فراخوانی و اجرا کرد (invoke). در زمان فراخوانی action، تعدادی ورودی با فرمت JSON به تابع آن داده می‌شود. سپس در انتهای اجرا، action باید یک خروجی تولید کند که آن هم نیز باید با فرمت JSON بازگشت داده شود.

action ها را می‌توان با استفاده از package ها دسته بندی نمود. یک package را می‌توان به وسیله binding ها با بقیه user ها به اشتراک گذاشت. همچنین برای یک package می‌توان مؤلفه هایی تعیین کرد که مختص هر binding باشند و به action هایش به ارث برسند.

۲-۵-۵ زنجیر کردن Action ها

action ها از راه های مختلفی می‌توانند به یکدیگر متصل شوند. ساده ترین راه متصل کردن به وسیله sequence است. action های متصل به هم از خروجی action قبل از خود به عنوان ورودی استفاده می‌کنند.

بسیاری از جریان‌های مورد نیاز برای پیاده‌سازی منطق برنامه را نمی‌توان به صورت یک مسیر خطی تعریف کرد که تنها یک ورودی می‌گیرند و در انتها یک خروجی را برمی‌گردانند. بنابراین راهی وجود دارد که می‌توان جریان action ها را به مسیرهای مختلف تقسیم کرد. این ویژگی با trigger ها (ماشه ها) و rule ها (قوانین) پیاده‌سازی می‌شود. یک trigger به تنهایی کاری انجام نمی‌دهد، اگرچه می‌توان آن را با یک یا چند action از طریق تعریف کردن rule مرتبط کرد. پس از تعریف کردن trigger و مرتبط کردن آن با چندین action می‌توان آن را با دادن مؤلفه‌ها شلیک (fire) کرد. در شکل ۲-۱۸ معماری action های OpenWhisk نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۸: نمای کلی ساختار action های OpenWhisk

برای شلیک کردن trigger یک action باید تعریف کرد که feed نام دارد. feed باید طبق الگوی طراحی ناظر[۵۰] طراحی شود و بتواند یک trigger را در هنگام رخ دادن یک رویداد فعال کند. الگوی ناظر یک الگوی طراحی نرم‌افزار است که در آن یک شی به نام موضوع، فهرست وابستگی‌هایش را با نام ناظران نگه می‌دارد و هرگونه تغییر در وضعیتش را به‌طور خودکار و معمولاً با صدا کردن یکی از روش‌های آن به اطلاع آن اشیا می‌رساند. پس از طراحی feed در هنگام پیاده‌سازی برنامه می‌توان آن را با یک trigger ادغام نمود تا آن trigger نیز در هنگام شلیک، چند action دیگر را فراخوانی کند.

[50] observer

۲-۵-۶ نحوه عملکرد OpenWhisk

حال پس از آشنایی با اجزاء مختلف OpenWhisk به بررسی نحوه عملکرد آن‌ها می‌پردازیم.

OpenWhisk با بهره‌گیری از چندین پروژه معروف و توسعه یافته متن باز ساخته شده است که در زیر معرفی شده اند: (شکل ۲-۱۹)

Nginx : یک وب سرور با کارایی بالا و پروکسی معکوس

CouchDB : پایگاه داده سند محور، NoSQL و مقیاس پذیر

Kafka : سیستم پیام رسانی انتشار-اشتراک توزیع شده با کارایی بالا و مقیاس پذیر

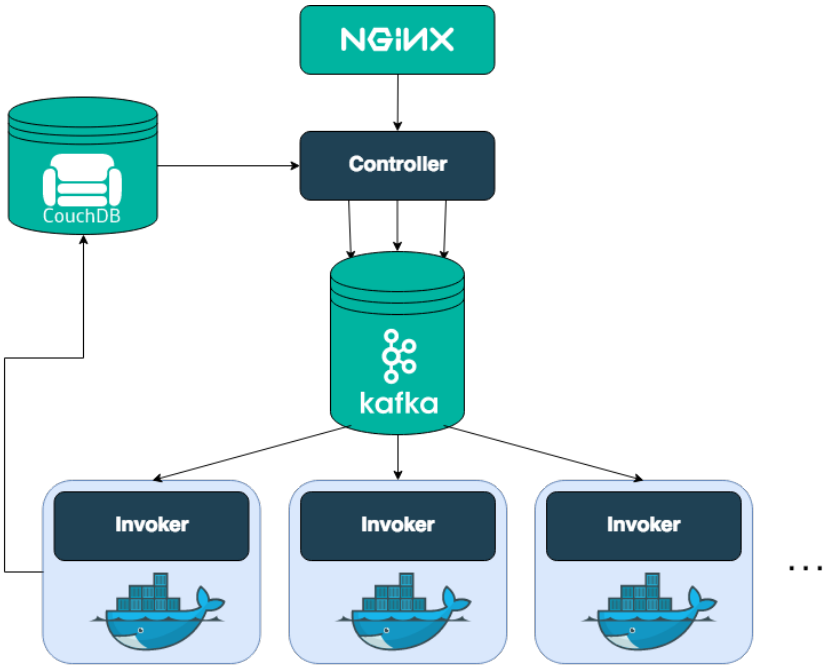
تمامی‌این اجزاء کانتینرهای داکر هستند و می‌توانند توسط محیط‌هایی که از این فرمت پشتیبانی می‌کنند مانند کوبرنتیز اجرا شوند.

OpenWhisk شامل قسمت های دیگری می‌باشد که توسط تیم خودش ساخته شده است:

Controller : موجودیت های مختلف را مدیریت می‌کند، trigger ها را شلیک می‌کند و همچنین فراخوانی action ها را مسیریابی می‌کند.

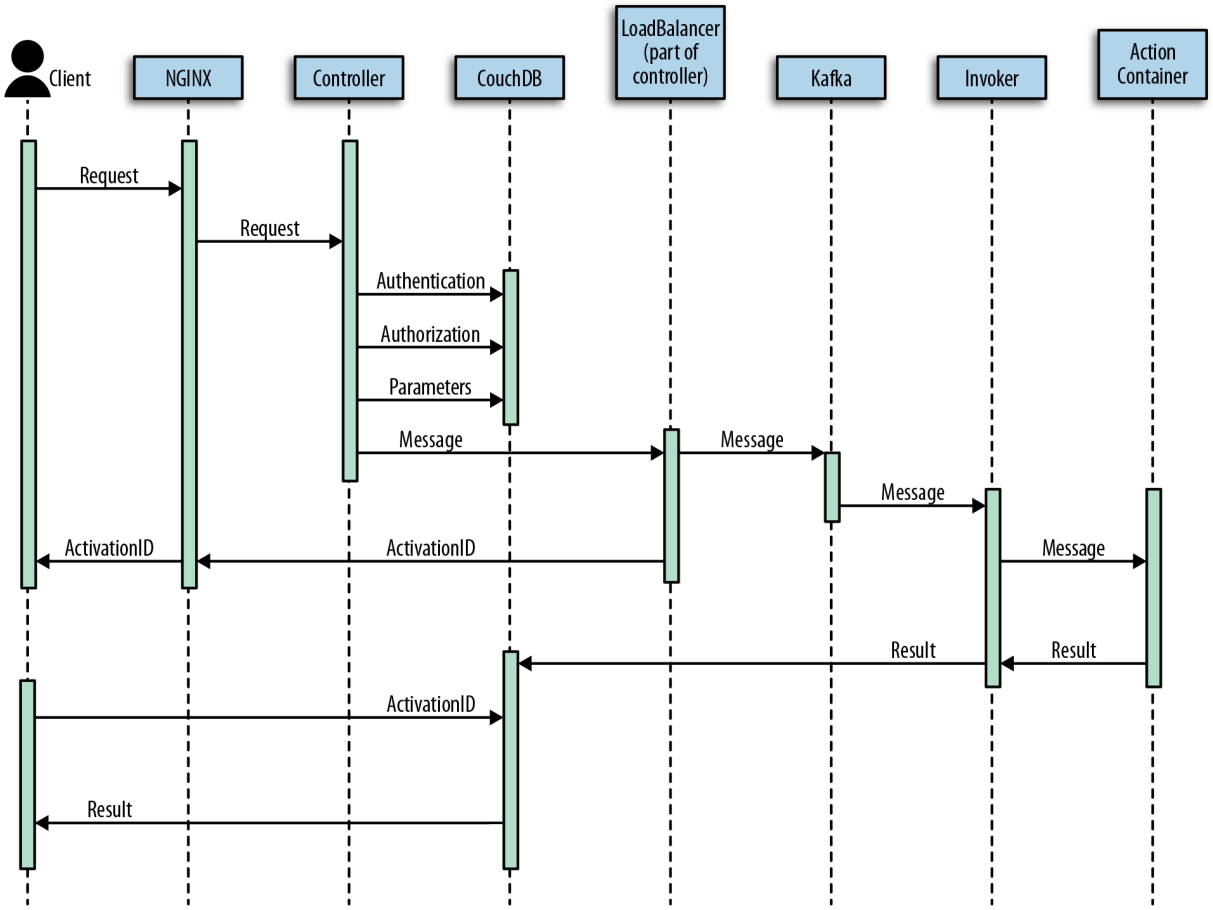
Invoker : کانتینرها را برای اجرای action ها راه اندازی می‌کند.

Action containers : کانتینرهای حاوی action که در واقع action ها را اجرا می‌کنند.



شکل ۲-۱۹: ساختار OpenWhisk

تمامی‌پردازشی که در OpenWhisk انجام می‌شود ناهمگام[51] است. این پردازش شامل دریافت، کنترل، صف‌بندی، پردازش و ذخیره‌سازی نتایج یک درخواست فراخوانی action است. حال با جزئیات بیشتری به بررسی این مراحل می‌پردازیم. نمودار زمانی این مراحل در شکل ۲-۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۲-۲۰: چگونگی پردازش action در OpenWhisk

Nginx

همه چیز با فراخوانی action آغاز می‌شود که این فراخوانی از راه های مختلفی امکان پذیر است:

- از طریق وب هنگامی‌که action به عنوان web action تعریف شده باشد.
- فراخوانی از action دیگر با استفاده از API
- هنگامی‌که یک trigger فعال شود و یک rule برای فراخوانی action وجود داشته باشد.
- از طریق CLI

[51] asynchronous

OpenWhisk یک سیستم RESTful است، بنابراین هر فراخوانی action به یک درخواست HTTPS تبدیل می‌شود و به نودی لبه که همان Nginx است می‌رسد. دلیل اصلی وجود وب سرور Nginx، پیاده‌سازی و پشتیبانی از پروتکل امن HTTPS می‌باشد. Nginx پس از دریافت درخواست آن را به سرویس اصلی میانی به نام Controller می‌فرستد.

Controller

قبل از اجرا شدن action، ابتدا controller امکان اجرای و صحت آن را بررسی می‌کند. سپس منبع آن هویت سنجی می‌شود تا اجازه دسترسی آن مشخص شود. اگر action از دو مرحله قبل عبور کرد، مؤلفه های اضافی به عنوان پیکربندی به آن افزوده می‌شود. حال که امکان اجرای action تأیید شد، به قسمت بعدی که Load Balancer است فرستاده می‌شود.

Load Balancer

وظیفه ی Load Balancer همان طور که از نامش پیداست حفظ تعادل میان اجرا کننده های action یا همان invoker های OpenWhisk است. Load Balancer با مواظبت از runtime های action موجود، اگر دوباره مورد نیاز باشد از آن استفاده می‌کند و اگر runtime مورد نیاز موجود نبود آن را می‌سازد.

Kafka

به جایی رسیدیم که سیستم آماده اجرای action است. با این حال، نمی‌توان آن action را فوراً به یک invoker ارسال کرد، زیرا ممکن است مشغول اجرای یک action دیگر باشد. همچنین این احتمال وجود دارد که یک invoker خراب شود، یا حتی کل سیستم خراب شده و دوباره راه اندازی شود. بنابراین، از آنجا که ما در یک محیط کاملاً موازی کار می‌کنیم که انتظار می‌رود مقیاس پذیر باشد ، باید این احتمال را در نظر بگیریم که منابع مورد نیاز خود را برای اجرای فوری action در دسترس نداشته باشیم. در مواردی از این دست، مجبوریم فراخوانی ها را بافر کنیم. OpenWhisk از Kafka برای انجام این عمل استفاده می‌کند. Kafka یک سیستم پیام رسان "انتشار - اشتراک" با عملکرد بالا است که می‌تواند درخواست ها را تا زمان آماده شدن برای اجرای آن ها ذخیره کند. درخواست که برای ورود به Nginx به HTTPS تبدیل شده بود، توسط Load Balancer به یک پیام Kafka تبدیل می‌شود که به invoker مقصدش آدرس دهی شده است.

هر پیام ارسال شده به یک invoker شناسه ای دارد به نام activation-ID. هنگامی‌که پیام در صف Kafka قرار می‌گیرد، دو امکان وجود دارد: فراخوانی بدون انسداد و مسدود کننده. برای یک فراخوانی بدون انسداد، شناسه فعال سازی به عنوان پاسخ نهایی درخواست به client ارسال می‌شود و درخواست

تکمیل می‌شود. در این حالت ، پیش بینی می‌شود client بعداً برگردد تا نتیجه فراخوانی را بررسی کند. برای یک فراخوانی مسدود کننده، اتصال باز می‌ماند؛ کنترل کننده منتظر نتیجه action است و نتیجه را برای سرویس‌گیرنده ارسال می‌کند.

Invoker

در OpenWhisk، بخش invoker وظیفه اجرای action را بر عهده دارد. action ها در واقع در محیط های جدا شده که توسط کانتیرهای Docker ساخته شده اند، اجرا می‌شوند به این صورت که invoker ابتدا ایمیج runtime مورد نیاز برای اجرای action را انتخاب می‌کند و سپس آن را همراه با کد action راه اندازی می‌کند.

پس از اینکه runtime اجرا شد، action هایی که تا آن زمان ساخته و آماده شده اند توسط invoker به runtime فرستاده می‌شوند. invoker همچنین log هایی که مربوط به اجرای action ها هستند را مدیریت و ذخیره می‌کند.

CouchDB

پس از اتمام پردازش، OpenWhisk نتیجه را در پایگاه داده CouchDB ذخیره می‌کند. سپس تمامی نتایج اجرای action ها که در پایگاه داده ذخیره شده‌اند توسط activation-ID که به client ارسال شده بود، در دسترس هستند.

Client

پردازشی که اکنون توضیح داده شد ناهمگام بود. بدان معنی که سرویس‌گیرنده درخواستی را آغاز می‌کند و سپس آن را کنار می‌گذارد، اگرچه آن را به طور کامل فراموش نمی‌کند، زیرا یک شناسه فعال‌سازی را به عنوان نتیجه‌ی فراخوانی دریافت کرده است. همانطور که قبلاً دیدیم، از activation-ID برای ذخیره نتیجه در پایگاه داده پس از پردازش استفاده می‌شود. برای بازیابی نتیجه نهایی، سرویس‌گیرنده باید درخواست دیگری را همراه با شناسه فعال سازی به عنوان مؤلفه ورودی ارسال کند. پس از اتمام action، نتیجه، log ها و سایر اطلاعات در پایگاه داده موجود است و قابل بازیابی است. پردازش همگام هم امکان پذیر است که مانند همان روش پردازش ناهمگام کار می‌کند، اما مسدود کننده است به این معنی که سرویس‌گیرنده منتظر اجرای کامل action می‌ماند و نتیجه را فوراً دریافت می‌کند. [۱۴]

فصل سوم
طراحی و پیاده سازی

در این بخش ابتدا پروژه به طور کلی شرح داده شده و در ادامه طراحی بستر بدون سرور اینترنت اشیاء به صورت میکروسرویس توضیح داده می‌شود. پس از معرفی ابزارها و تکنولوژی‌های استفاده شده، نحوه پیاده سازی این بستر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱ دید کلی

بستر های اینترنت اشیاء بسته به کاربرد، نوع دستگاه‌ها و محیط مورد استفاده با قابلیت‌های مختلفی طراحی می‌شوند. به عنوان مثال یک بستر خانه هوشمند با یک بستر حمل و نقل هوشمند می‌تواند تفاوت‌های زیادی در معماری، نحوه ذخیره سازی، مدیریت و نمایش داده‌ها داشته باشد اما در بسیاری از موارد یکسان هستند. برخی از این موارد عبارتند از:

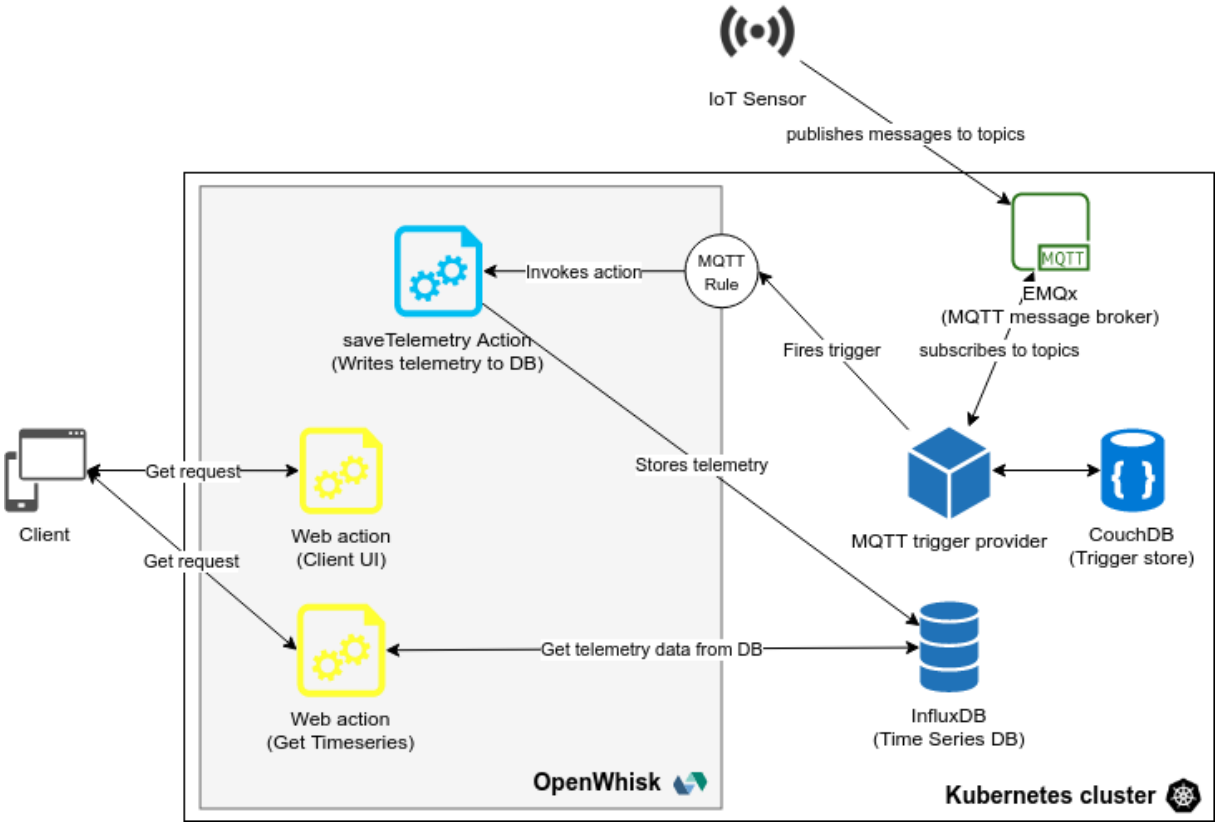
- جمع‌آوری و ذخیره سازی داده‌های حسگرها به صورت سری زمانی
- کنترل دستگاه‌ها و ارسال فرمان به آن‌ها
- مدیریت دستگاه‌ها و کاربران
- برخورد مناسب با رویدادها
- پردازش و تحلیل داده‌ها

مهم‌ترین قابلیت یک بستر اینترنت اشیاء جمع آوری و ذخیره سازی داده‌های حسگرها می‌باشد. این داده‌ها معمولاً به صورت یک پیام با پروتکل MQTT به یک message broker ارسال می‌شود، پس از احراز هویت دستگاه، به هسته بستر ارسال شده و برای پردازش‌های لازم مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پیام همچنین به پایگاه داده فرستاده شده و به صورت سری زمانی ذخیره می‌گردد. سپس این داده‌ها می‌توانند توسط بخش‌های دیگر بستر استخراج و برای تحلیل و مصورسازی به سرویس‌گیرنده ارسال شود. در این پروژه این قابلیت با استفاده از بستر بدون سرور OpenWhisk و هماهنگ کننده ابری کوبرنتیز طراحی و پیاده سازی شده است.

۳-۲ طراحی

طراحی این پروژه از چهار بخش اصلی تشکیل شده است. اولین بخش طراحی معماری میکروسرویس message broker برای دریافت و ارسال داده‌های حسگر، پایگاه داده برای ذخیره سازی داده‌های سری زمانی و یک پایگاه داده دیگر برای ذخیره سازی trigger است. بخش دوم طراحی یک ماژول سرویس‌دهنده به اسم MQTT trigger provider است که پیام را از message broker دریافت کرده آن را از طریق سیستم trigger و rule به بستر بدون سرور ارسال می‌کند. بخش سوم شامل طراحی action در بستر بدون سرور OpenWhisk برای ذخیره سازی و استخراج داده‌های سری زمانی است. در بخش چهارم طراحی یک برنامه کاربردی با استفاده از این بستر در دو بخش سرویس‌دهنده برای ارائه‌ی سرویس‌های دلخواه و بخش سرویس‌گیرنده برای نمایش داده‌ها بررسی می‌شود.

نمای کلی معماری پروژه در شکل ۳-۱ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱: نمای کلی معماری پروژه

۳-۲-۱ طراحی میکروسرویس

این بستر به صورت میکروسرویس طراحی شده است و عملکردهای مختلف این بستر توسط این میکروسرویس‌ها انجام می‌شوند. در ادامه طراحی معماری این میکروسرویس‌ها را بررسی می‌کنیم:

- **message broker:** این سرویس برای اتصال دستگاه‌های اینترنت اشیاء به بستر طراحی شده است و پیام‌های ارسالی از طرف دستگاه‌ها را باید به سرویس‌های دیگر بستر که مشترک شده‌اند بفرستد. بنابراین نیاز است که این سرویس از بیرون و درون بستر قابل دسترسی باشد. برای دسترسی از بیرون از قابلیت expose کردن port توسط کوبرنتیز استفاده شده است. همچنین یک سرویس کوبرنتیز برای اتصال به دیگر سرویس‌های درونی بستر طراحی شده است.
- **trigger store:** این سرویس یک پایگاه داده CouchDB است که باید trigger ها را ذخیره کند. دسترسی و اتصال به این سرویس از داخل بستر پس از راه‌اندازی به راحتی امکان پذیر است و تنها نیاز به تنظیم کردن و مهیا نمودن پایگاه داده برای ذخیره و بازیابی داده‌های مورد نیاز است.
- **timeseries database:** پایگاه داده سری زمانی InfluxDB است. این پایگاه داده برای ذخیره‌سازی داده‌های سری زمانی دستگاه‌ها طراحی شده است و پس از راه‌اندازی توسط سرویس‌های دیگر درون بستر در دسترس است.
- **OpenWhisk:** پیاده‌سازی و راه‌اندازی بستر OpenWhisk بر روی بستر کوبرنتیز توسط یک پروژه که به همین منظور طراحی شده است، وجود دارد. این پروژه، اجزای OpenWhisk را به صورت اشیاء کوبرنتیز درون یک namespace جدا راه‌اندازی می‌کند. سرویس‌هایی طراحی شده است که ارتباط این بستر را با سرویس‌های دیگر درون namespace اصلی برقرار می‌سازد.

۳-۲-۲ MQTT trigger provider

این قسمت از بستر برای اشتراک و دریافت پیام از message broker و ارسال آن به بستر بدون سرور برای ذخیره سازی طراحی شده است. با افزوده شدن یک trigger در بستر بدون سرور برای دریافت پیام ها بر روی یک topic جدید، این سرویس آن را دریافت می‌کند و بر روی آن topic مشترک می‌شود. همچنین trigger ها را در یک پایگاه داده ذخیره می‌کند تا در هنگام راه‌اندازی مجدد سرویس بتواند دوباره بر روی آن topic ها مشترک شود.

۳-۲-۳ مدیریت داده‌های سری زمانی

پس از شلیک شدن trigger توسط سرویس MQTT trigger provider، پیام باید پردازش و داده موجود در آن در پایگاه داده ذخیره شود. یک action با نام saveTelemetry برای این کار طراحی شده است و trigger شلیک شده با تعریف کردن یک rule به آن متصل می‌شود. این action یک تابع است که با دریافت پیام آن را باز کرده و با فرمت مشخص برای ذخیره سازی به پایگاه داده سری زمانی می‌فرستد.

برای استخراج داده‌های سری زمانی از پایگاه داده یک action دیگر به اسم getTimeseries طراحی شده است که با گرفتن token دستگاه و کلیدهای داده‌ها، داده‌های مشخص شده با کلید و مربوط به آن دستگاه را به صورت سری زمانی برمی‌گرداند. این action همچنین پارامتر دیگری به نام limit برای محدود کردن تعداد داده‌های سری زمانی دارد و اگر برابر n باشد به این معنی است که n تا از آخرین داده‌ها در پاسخ ارسال شوند. در صورتی که این پارامتر وجود نداشته باشد تنها آخرین داده ارسال خواهد شد. برای این action دسترسی وب نیز تعریف می‌شود تا بتوان آن را از طریق درخواست HTTP اجرا کرد.

۴-۲-۳ برنامه کاربردی

تا اینجا طراحی بستر به پایان رسید. پس از ایجاد trigger با topic مشخص، دستگاه می‌تواند داده‌های خود در قالب پیام‌های MQTT به broker ارسال کند و این داده‌ها در پایگاه داده ذخیره شده و در دسترس خواهند بود. حال کاربران می‌توانند به توسعه برنامه کاربردی خود بپردازند. با تعریف تابع‌ها در قالب action می‌توان از داده‌های سری زمانی ذخیره شده برای پردازش‌های مختلف استفاده کرد. با تعریف کردن rule می‌توان سناریوهای دلخواهی تعریف کرد که در هنگام دریافت پیام یا شلیک trigger تعریف شده اجرا شوند. همچنین معماری RESTful APIs نیز با تعریف کردن action ها به عنوان web action به سادگی امکان پذیر است.

حال برای نمونه یک برنامه‌ی کاربردی با استفاده از action ها طراحی شده است. این برنامه در ابتدا دستگاه‌های موجود را گرفته و نمایش می‌دهد و پس از انتخاب هر دستگاه، داده‌های ارسالی توسط آن دستگاه به صورت بلادرنگ نمایش داده می‌شود.

۳-۳ تکنولوژی‌های استفاده شده

۳-۳-۱ MicroK8s

MicroK8s این امکان را فراهم می‌سازد تا با اجرای یک دستور، یک نود کوبرنتیز برای ایجاد یک محیط توسعه و تست به صورت محلی نصب و اجرا شود. نصب و اجرای MicroK8s بسیار سریع و آسان است و بسیاری از بسته‌های مورد نیاز برای توسعه‌ی محلی برنامه‌های کاربردی را شامل می‌شود. از آن جایی که راه‌اندازی کوبرنتیز کمی تخصصی و پیچیده است و همچنین بسته‌های مورد نیاز دیگری باید به صورت دستی بر روی آن نصب شود، استفاده از یک ابزار که تمامی این کارها را به صورت خودکار انجام می‌دهد بسیار مفید است. [۷]

ابزار دیگری به نام MiniKube وجود دارد که یک نود کوبرنتیز را بر روی یک ماشین مجازی درون سیستم عامل راه‌اندازی می‌کند. این ابزار نیز مخصوص توسعه و تست است. این ابزار بر روی تمامی سیستم عامل‌ها قابل اجرا است، اما MicroK8s فقط از سیستم عامل لینوکس[1] پشتیبانی می‌کند. [۸]

۳-۳-۲ Helm

ابزار مدیریت پکیج‌هایی است که برای پیاده‌سازی بر روی بستر کوبرنتیز تنظیم شده‌اند. این منابع از پیش تنظیم شده با نام charts شناخته می‌شوند. با کمک Helm پکیج‌ها و منابعی که به صورت شخصی ساخته می‌شود را به اشتراک گذاشت. همچنین امکان به‌روز رسانی محصولات توسط این ابزار وجود دارد. [۴]

۳-۳-۳ EMQx

EMQx یک message broker توزیع شده با پروتکل MQTT برای اینترنت اشیاء، ارتباط ماشین به ماشین[2] و برنامه‌های کاربردی تلفن همراه است؛ کاملاً متن باز، بسیار مقیاس‌پذیر و بسیار در دسترس است که یک خوشه آن می تواند ده‌ها میلیون سرویس‌گیرنده را همزمان اداره کند. بیش از ۵ هزار شرکت از این message boker برای اتصال به ۵۰ میلیون دستگاه اینترنت اشیاء استفاده می‌کنند. [۳]

۳-۳-۴ CouchDB

CouchDB یک پایگاه داده NoSQL، سند محور و متن باز است که با زبان همگام Erlang پیاده‌سازی شده است. از JSON برای ذخیره داده ها، از زبان JavaScript به عنوان زبان اجرای دستور و از HTTP

[1] Linux
[2] M2M

برای API استفاده می‌کند.

برخلاف یک پایگاه داده رابطه‌ای[۳]، پایگاه داده CouchDB داده‌ها و روابط را در جدول‌ها ذخیره نمی‌کند. در عوض، هر بانک اطلاعاتی مجموعه ای از اسناد مستقل است. ویژگی متمایز کننده‌ی CouchDB همانندسازی مولتی-مستر[۴] است که به آن اجازه می‌دهد تا در دستگاه‌ها مقیاس شود و سیستم‌های با کارایی بالا بسازد. [۲]

InfluxDB ۵-۳-۳

InfluxDB یک پایگاه داده سری زمانی[۵] متن باز است که توسط شرکت InfluxData و با زبان Go نوشته شده است. همچنین برای ذخیره‌سازی سریع، در دسترس بودن بالا و بازیابی داده‌های سری زمانی در زمینه هایی مانند نظارت بر عملیات، اندازه‌گیری برنامه‌ها، داده‌های حسگرهای اینترنت اشیاء و تجزیه و تحلیل بلادرنگ بهینه شده است. این پایگاه داده از زبان شبیه به SQL برای اجرای دستورات استفاده می‌کند. [۵]

[3] relational database
[4] multi-master replication
[5] Time Series Data Base (TSDB)

۳-۴ پیاده سازی

حال پس از بررسی طراحی و آشنایی با تکنولوژی‌های مورد نیاز به پیاده سازی این بستر می‌پردازیم. اولین مرحله‌ی پیاده سازی، فراهم نمودن یک خوشه از هماهنگ کننده ابری کوبرنتیز است. این هماهنگ کننده می‌تواند از سرویس ارائه دهندگان ابری تهیه شده یا به صورت دستی روی سرورهای خصوصی پیاده سازی شود. برای پیاده سازی محلی نیز می‌توان از برنامه‌ی minikube استفاده کرد. این برنامه یک ماشین مجازی به صورت محلی می‌سازد و کوبرنتیز را درون آن ماشین مجازی پیاده سازی و اجرا می‌کند. در این پروژه از MicroK8s برای این منظور استفاده شده است.

پس از اجرای هماهنگ کننده ابری نوبت به پیاده‌سازی سایر میکروسرویس‌ها می‌رسد. برای راه اندازی میکروسرویس‌ها ابتدا باید تنظیم کننده‌ی بسته Helm نصب و راه اندازی شود. سپس با استفاده از Helm بسته‌های EMQx، پایگاه داده CouchDB و پایگاه داده سری زمانی InfluxDB از طریق chart هایشان نصب و اجرا می‌شوند. هر میکروسرویس پس از اجرا باید تنظیمات مورد نیازش انجام شود و برای اطمینان از صحت عملکرد مورد تست قرار گیرد.

۱-۴-۳ OpenWhisk

پیاده سازی OpenWhisk نیز توسط Helm انجام می‌شود. ابتدا باید پروژه‌ای که به همین منظور ساخته شده است را متناسب با نحوه‌ی پیاده سازی تنظیم کرده و مورد استفاده قرار داد. این تنظیمات عبارتند از فعال سازی یک نود ingress و تعریف کردن host name و port برای ایجاد راه دسترسی به OpenWhisk. این نود با اتصال به NginX درون OpenWhisk ارتباط با این بستر را از طریق وب میسر می‌سازد. همچنین تنظیمات دیگری برای نحوه ذخیره سازی داده‌های پایگاه داده CouchDB توسط کوبرنتیز امکان پذیر است. در انتها این تنظیمات درون یک فایل ذخیره شده و OpenWhisk با اجرای یک دستور CLI در یک namespace جدا راه اندازی می‌شود.

۲-۴-۳ MQTT trigger provider

این ماژول برای راه اندازی در بستر کوبرنتیز باید به صورت کانتینر در بیاید. بنابراین یک فایل داکر برای ساخت کانتینر نوشته شده است. ایمیج این کانتینر توسط این فایل ساخته شده و در Docker Hub آپلود می‌شود. پس از آن فایلی برای تعریف یک deployment نوشته می‌شود تا این کانتینر را در بستر کوبرنتیز راه اندازی کند. در این فایل پس از مشخص کردن اطلاعات ایمیج کانتینر و deployment باید port کانتینر و متغیرهای محیطی لازم برای اتصال به سایر سرویس‌ها مشخص شود. این متغیرها عبارتند

از نام کاربری، رمزعبور، آدرس و port مورد نیاز برای اتصال به پایگاه داده CouchDB و همچنین آدرس سرویس OpenWhisk. اطلاعات رمزعبور و نام کاربری از طریق secret کوبرنتیز در دسترس هستند.

۳-۴-۳ سرویس‌های کوبرنتیز

برای متصل شدن بقیه اجزاء با یکدیگر باید سرویس‌های دیگری تعریف شود. این سرویس‌ها در قالب فایل‌های مجزا تعریف شده و در انتها با اجرای یک دستور CLI توسط کوبرنتیز خوانده و اعمال می‌شوند. این سرویس‌ها عبارتند از:

- سرویس cluster IP برای اتصال EMQx و OpenWhisk به MQTT trigger provider
- سرویس cluster IP برای اتصال به OpenWhisk NginX
- سرویس external name برای اتصال به سرویس OpenWhisk از namespace اصلی
- سرویس external name برای اتصال به سرویس MQTT trigger provider از namespace مربوط به OpenWhisk
- سرویس external name برای اتصال به سرویس پایگاه داده InfluxDB از namespace مربوط به OpenWhisk

۳-۴-۴ action ها و trigger ها

برای پیاده سازی action ها و trigger ها در OpenWhisk از رابط CLI آن استفاده می‌شود. ابتدا باید feed action طراحی شده برای ایجاد و حذف trigger ها در MQTT trigger provider راه اندازی شود. بنابراین توسط کاربر ادمین OpenWhisk یک package به نام mqtt ساخته شده و برای همه‌ی کاربران به اشتراک گذاشته می‌شود. سپس تابع feed action درون این package آپلود می‌شود.

حال کاربر می‌تواند یک trigger با feed تعریف شده برای یک topic مشخص، راه اندازی کند و پس از آن تابع saveTelemetry را به عنوان action آپلود کند. در انتها با تعریف کردن یک rule اتصال trigger به این action برقرار می‌شود.

تابع طراحی شده برای دریافت داده‌های سری زمانی نیز به عنوان یک web action آپلود شده و توسط یک دستور CLI می‌توان آدرس آن را در قالب URL دریافت کرد.

پیاده‌سازی بستر تا اینجا به اتمام می‌رسد اما توسعه‌ی برنامه‌های کاربردی مختلف و دلخواه بر روی این بستر توسط کاربران امکان‌پذیر است. توسعه‌ی این برنامه‌ها در سطح تابع است و مراحل آن عبارت است از تعریف کردن تابع ها به عنوان action های OpenWhisk، استفاده از قابلیت زنجیر کردن action ها، استفاده از سیستم rule و trigger برای ساخت سناریوها و قابلیت‌های دیگر بستر که قبلاً توضیح داده شد.

فصل چهارم
جمع بندی و نتیجه گیری و کارهای آینده

۴-۱ جمع بندی و نتیجه گیری

در این پروژه به طراحی و پیاده‌سازی یک بستر بدون سرور اینترنت اشیاء پرداخته شد. این کار پس از نیازسنجی در زمینه‌های اینترنت اشیاء و سرویس‌های ابری صورت گرفت. همچنین راه حل‌های مختلف و تکنولوژی‌های موجود مورد ارزیابی قرار گرفت و راه حل نهایی انتخاب و بررسی شد. در آخر طراحی یک سرویس گیرنده برای آزمایش کردن بستر توضیح داده شد.

همانطور که در فصل‌های قبل گفته شد، با پیشرفت‌های اخیر اینترنت اشیاء، استفاده از سرویس‌های ابری امری ضروری شده است. این سرویس‌ها می‌توانند در سطح‌های مختلفی ارائه شوند و هرکدام برای کاربردهای مختلف مزایا و معایبی دارند. با طراحی و استفاده از بستر بدون سرور اینترنت اشیاء نتیجه گرفته شد که استفاده از این بستر مزایا و برتری‌های زیر را برای توسعه‌دهندگان دارد:

۱. سرعت بخشیدن به توسعه نرم‌افزاری و سخت‌افزاری و کاهش هزینه‌ها با حذف نیاز به مدیریت زیرساخت، مناسب شرکت‌های نوپا و استارت آپ‌ها

۲. توانایی ارائه سرویس در سطح نرم‌افزار برای تیم‌های سخت‌افزاری بدون نیاز به داشتن دانش در حوزه نرم‌افزار

۳. قابلیت مقیاس‌پذیری و تعادل بار با توجه استفاده از تکنولوژی‌های جدید و معماری میکروسرویس

۴. پیاده‌سازی منطق برنامه کاربردی در سطح تابع با هر زبان برنامه‌نویسی

۴-۲ کارهای آینده

کارهای انجام شده در این پروژه مقدمه‌ای بود بر طراحی یک بستر جامع اینترنت اشیاء و بدون سرور. همانطور که در فصل سوم گفته شد، بستر اینترنت اشیاء می‌تواند دارای قابلیت‌های بسیار زیادی باشد که در این پروژه تنها به یک قابلیت آن پرداخته شد. بسیاری از این قابلیت‌ها همچنین ترکیب این قابلیت‌ها با بستر بدون سرور امکان‌های بیشتری به توسعه دهندگان می‌دهد. در ادامه، کارهای آینده برای توسعه بیشتر و بهبود این بستر پیشنهاد می‌شوند:

۱. اضافه نمودن قابلیت کنترل دستگاه‌های اینترنت اشیاء با ارسال دستور به آن‌ها

۲. استفاده از package داخلی بستر OpenWhisk به نام alarms برای ایجاد رویدادها بر اساس زمان

۳. استفاده از package های داخلی دیگر مانند websocket، pushnotifications و ... برای بهبود قابلیت‌های بستر

منابع و مراجع

[1] Kubernetes for developers part 2 – replica sets and deployments. https://nirmata.com/2018/03/03/kubernetes-for-developers-part-2-replica-sets-and-deployments, March 2018.

[2] Couchdb. http://couchdb.apache.org, 2019.

[3] Emqx | the leader in open source iot messaging. https://emqx.io, 2019.

[4] Helm. https://helm.sh, 2019.

[5] Influxdb: Purpose-built open source time series database. https://influxdata.com, 2019.

[6] Kubeless. https://kubeless.io, 2019.

[7] Microk8s | zero-ops kubernetes for workstations and edge / iot. https://microk8s.io, 2019.

[8] minikube. https://github.com/kubernetes/minikube, 2019.

[9] Open lambda. https://github.com/open-lambda/open-lambda, 2019.

[10] Openfaas | serverless functions, made simple. https://openfaas.com, 2019.

[11] Baldini, Ioana, Castro, Paul, Chang, Kerry, Cheng, Perry, Fink, Stephen, Ishakian, Vatche, Mitchell, Nick, Muthusamy, Vinod, Rabbah, Rodric, Slominski, Aleksander, and et al. Serverless computing: Current trends and open problems. *Research Advances in Cloud Computing*, page 1–20, 2017.

[12] Kumar, Manoj. Serverless computing for the internet of things. Master's thesis, Aalto University, Espoo, Finland, 2018.

[13] Malik, Farhad. What is microservices architecture? https://medium.com/fintechexplained/what-is-microservices-architecture-1da41a94a29b, Nov 2018.

[14] Michele, Sciabarrà. *Learning Apache OpenWhisk: developing open source serverless solutions*. OReilly Media, Inc., 2019.

[15] Pinto, Duarte Pedro, Dias, Joao Sereno, and Ferreira, Hugo undefined. Dynamic allocation of serverless functions in iot environments. *2018 IEEE 16th International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC)*, Jul 2018.

[16] Roberts, Mike and Chapin, John. *What is Serverless? Understanding the Latest Advances in Cloud and Service-Based Architecture*. O'Reilly Media, Inc., 2017.

[17] Sanche, Daniel. Kubernetes101: Pods, nodes, containers and clusters. https://medium.com/google-cloud/kubernetes-101-pods-nodes-containers-and-clusters-c1509e409e16, May 2018.

[18] Vaughan-Nichols, Steven J. What is docker and why is it so darn popular? https://zdnet.com/article/what-is-docker-and-why-is-it-so-darn-popular/, Mar 2018.

Abstract

With the spread of IoT in research and application areas, the need for IoT cloud services has increased. Most companies and startups that are active in this field also operate only at the hardware and software development level and use cloud providers for data storage and processing. As with Internet of Things, serverless architecture is also evolving in software engineering where the cost and demand of servers is managed by the service provider and only the execution time of the functions is calculated. Also, developers do not need to consider infrastructure and servers conditions. The goal of the project is to set up a serverless platform for executing the functions and run processes of IoT networks, including receiving and analyzing sensor data and executing specific scenarios. This platform can be used by startups, universities, and IoT research centers.

Key Words:

Internet of Things, Serverless, Function as a Service, OpenWhisk, Kubernetes

Amirkabir University of Technology
(Tehran Polytechnic)

Department of electrical engineering

B.Sc. Thesis

Designing and implementing a serverless IoT platform

By

Mohammad Hassan Mojab

Supervisor

Dr. Taheri

September 2019