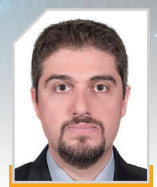


محسن محمودی

کارشناسی مهندسی کامپیوتر از دانشگاه آزاد واحد تهران مرکز، کارشناس مرکز تحقیق و توسعه همراه اول

قطعه‌بندی شبکه ابری بومی

شبکه‌های سلولی نسل پنجم یک پلتفرم کامل برای برنامه‌های کاربردی جدید، نوآورانه و متنوع اینترنت اشیا ارائه می‌دهند، مانند ارتباطات بسیار قابل اعتماد و کم تاخیر[1]، پردازش داده‌های بلادرنگ و پویا[2]، محاسبات فشرده[3] و اتصال انبوه دستگاه‌ها. قطعه بندی شبکه[4] به صورت انتها به انتها[5] رویکرد امیدوارکننده‌ای برای تخصیص و توزیع منابع ارائه می‌دهد که به اپراتورها اجازه می‌دهد به طور انعطاف پذیر شبکه‌های منطقی مجازی و اختصاصی مقیاس پذیر را بر روی زیرساخت فیزیکی مشترک ارائه دهند. در حالی که قطعه بندی شبکه وعده ارائه خدمات بر اساس تقاضا را می‌دهد، بسیاری از موارد استفاده آن، مانند خودروهای خودران، نیاز به ادغام پلتفرم محاسباتی لبه با دسترسی چندگانه[6] در شبکه‌های 5G دارند. محاسبات لبه[7] به عنوان یکی از محرک‌های کلیدی برای شبکه‌های 5G و 6G در نظر گرفته شده است، اما نقش آن در قطعه بندی شبکه همچنان باید به طور کامل بررسی شود. یک معماری میکروسرویس ابری بومی[8] به همراه موارد استفاده بالقوه آن برای قطعه بندی شبکه 5G پیش بینی می‌شود. این مقاله پیشرفت‌های اخیر در امکان پذیر کردن قطعه بندی شبکه به صورت انتها به انتها، فناوری‌های فعال کننده[9]، راه‌حل‌ها و تلاش‌های استانداردسازی فعلی را شرح می‌دهد.

کلیدواژه: شبکه‌های 5G، محاسبات ابری، محاسبات لبه، قطعه‌بندی شبکه

مقدمه

همانطور که اپراتورهای شبکه پیش بینی می‌کنند، شبکه تلفن همراه نسل پنجم ارتباطات را به چشم انداز اینترنت همه چیز[10] نزدیکتر می‌کند. شبکه‌های 5G برای پشتیبانی نه تنها از اینترنت اشیا بلکه صنایع نوظهور در نظر گرفته شده‌اند. اینترنت اشیا نیاز به پشتیبانی از مجموعه متنوعی از خدمات مانند شهرهای هوشمند، بهداشت الکترونیکی، ساختمان‌های هوشمند، اینترنت وسایل نقلیه و غیره دارد. رشد سریع اینترنت اشیا به تنهایی به این معنی است که میلیاردها دستگاه در دهه آینده به شبکه متصل خواهند شد.

الزامات برای شهرهای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا متنوع است. خدماتی مانند شبکه‌های هوشمند، مدیریت چراغ‌های هوشمند، خانه‌های هوشمند و کشاورزی هوشمند، به تعداد زیادی اتصال نیاز خواهند داشت و به همین دلیل، پهنای باند ترانزیت بالا برای ترافیک تجمعی مورد نیاز خواهد بود. خدمات حیاتی مانند وسایل نقلیه خودران، رانندگی

1-Ultra-reliable and low latency communication
2-Real-time and dynamic data processing
3-Intensive computation
4-Network Slicing
5-End to End
6-Multi Access Edge Computing (MEC)
7-Edge Computing
8-Cloud Native
9-Enabling Technologies
10-Internet of Everything

مشارکتی خودرو، پایش سلامت از راه دور و کنترل صنعتی به ارتباطات بسیار قابل اعتماد و با تأخیر کم نیاز خواهند داشت.

الزامات ناهمگن و متنوع برای شهرهای هوشمند آینده نشان می‌دهد که طرح‌های شبکه فعلی مبتنی بر رویکرد متعارف «یک اندازه برای همه» دیگر مناسب نخواهد بود و طراحی شبکه 5G باید نیاز به طرح‌های شبکه مقیاس‌پذیر و انعطاف‌پذیر را منعکس کند. معماری‌های شبکه 5G باید برای ارائه تنوع سرویس، عملکرد تضمینی و زمان کوتاه ورود به بازار تکامل یابند تا اطمینان حاصل شود که از استقرار خدمات جدید، تخصیص منابع، کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای[11]، خودکارسازی خدمات و همگرایی دسترسی ثابت و همراه پشتیبانی می‌شود. تنوع و انتظارات انعطاف‌پذیری برای شبکه‌های 5G چالش مهمی را برای ارائه انعطاف‌پذیری سرویس در عین فعال کردن تنوع فناوری شبکه ایجاد می‌کند. برای غلبه بر این چالش‌ها، قطعه بندی شبکه به صورت انتها به انتها یک فناوری توانمندساز کلیدی بالقوه است که از خدمات شبکه سفارشی شده از طریق تهیه نمونه‌های قطعه شبکه بر اساس تقاضا پشتیبانی می‌کند.

مفهوم قطعه بندی شبکه در نتیجه پیشرفت‌های اخیر در محاسبات ابری و مجازی سازی توابع شبکه پدید آمد. قطعه بندی شبکه، قطعه بندی منابع زیرساخت شبکه فیزیکی به شبکه‌های منطقی اختصاصی است که به این ترتیب امکان تفکیک عمودی شبکه‌ها، خدمات و برنامه‌ها را فراهم می‌کند. از شبکه‌های منطقی یا اختصاصی می‌توان برای ارائه راه‌حل‌های سفارشی برای انواع سرویس‌ها و سناریوهای کاربردی متمایز استفاده کرد.

NFV[12] یک فناوری کلیدی برای قطعه بندی شبکه 5G است زیرا امکان ایجاد و نمونه‌سازی NSI[13]ها را با انتزاع منابع زیرساخت مجازی و فیزیکی و ارائه پیکربندی‌ها و سیاست‌های سفارشی برای منابع منطقی اختصاصی فراهم می‌کند. منابع منطقی یا شبکه‌ها سپس به یک برنامه اختصاص داده می‌شوند که ممکن است شامل ارائه توابع شبکه مجازی باشد. VNF[14]ها از طریق پیوندهای منطقی یا مجازی به خوبی تعریف شده به هم مرتبط هستند تا NSI کامل تشکیل دهند.

شبکه نرم‌افزار محور (SDN[15]) نیز یکی از عوامل کلیدی برای قطعه‌بندی شبکه به صورت انتها به انتها است. SDN یک الگوی شبکه‌سازی است که صفحه‌های کنترل[16] و داده را از هم جدا می‌کند. کنترل کننده SDN مدیریت متمرکز و نمای کلی از توپولوژی شبکه را ارائه می‌کند که باعث افزایش کارایی تصمیم‌گیری مرتبط با جریان ترافیک شبکه می‌شود. SDN از عملیات برنامه‌ریزی‌شده انعطاف‌پذیر صفحه کنترل پشتیبانی می‌کند، SDN از طریق استقرار سریع برنامه‌های شبکه جدید و به‌روزرسانی‌شده، هدایت ترافیک، مدیریت تحرک برای ایستگاه‌های موبایل بی‌سیم و تغییر مسیر ترافیک برای جلوگیری از ازدحام ترافیک، این امکان را می‌دهد تا با ارائه زنجیره‌سازی سرویس پویا[17]، اتصال و هدایت ترافیک کارآمد بین VNFهای مختلف که یک NSI را تشکیل می‌دهند، ممکن شود. کنترلرهای SDN با تبادل اطلاعات با کنترلرهای مجاور و دروازه‌های دامنه[18]، اطلاعات توپولوژی شبکه را حفظ می‌کنند.

هسته 5G به صورت ابری بومی برای قطعه‌بندی شبکه

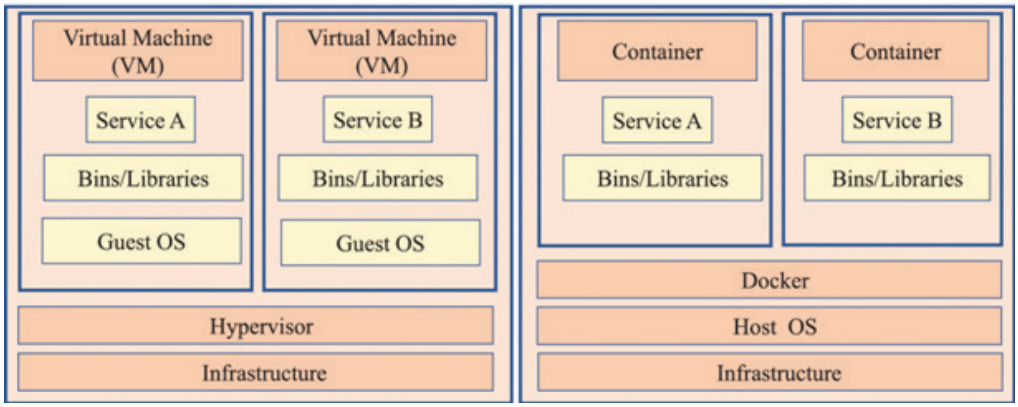
قطعه‌بندی شبکه 5G فرصت‌هایی را برای اپراتورهای شبکه فراهم می‌کند تا با ارائه موارد استفاده سازمانی جدید فراتر از خدمات پهنای باند موبایل پیشرفته، به افزایش قابل توجه درآمد برسند. برای ارائه موارد استفاده جدید، به فناوری‌های هسته 5G تکامل یافته نیاز است. طراحی نرم‌افزاری هسته 5G ابری بومی می‌تواند با ارائه خدمات بر اساس تقاضا، قطعه‌بندی شبکه را تسهیل کند.

ویژگی کلیدی برای 5G، در مقایسه با نسل‌های قبلی تلفن همراه، مبتنی بر سرویس بودن آن است، مانند mMTC، URLLC و eMBB، این ویژگی برای پشتیبانی از طیف گسترده‌ای از حوزه‌های کاربری است. برای ارائه خدمات متنوع با مجموعه متفاوتی از الزامات، اپراتورها باید بتوانند اجزای هسته 5G را در مراکز داده عمومی، محلی یا خصوصی و در هر مکان جغرافیایی به صورت پویا، بسته به تقاضای برنامه، مستقر کنند. بنابراین، طراحی هسته 5G باید انعطاف‌پذیر و قابل حمل باشد، که می‌توان این قابلیت را با تطبیق طراحی نرم افزار ابری بومی هسته 5G و انتقال VNFها به CNF[19]ها به دست آورد، انتقال به CNFها اجازه می‌دهد اجزای هسته (NF[20]) 5G بر روی کانتینرها اجرا شوند که این امر امکان خودکارسازی را در هر محیط ابری فراهم می‌کند. اصول ابری بومی را می‌توان در توابع کنترل و صفحه کاربر[21] هسته 5G، به ترتیب، AMF[22]، SMF[23] و UPF[24]، برای دستیابی به انعطاف‌پذیری، مقیاس‌پذیری و کارایی عملکرد اعمال کرد. اپراتورها می‌توانند از رویکرد ابری بومی در UPF به طور کامل استفاده کنند، تا نیاز به سخت‌افزار اختصاصی برای مسیریابی و سوئیچینگ شبکه هسته را از بین ببرند. اصول طراحی و برخی از اجزای اصلی که رویکرد ابری بومی را در زمینه قطعه‌بندی شبکه 5G امکان‌پذیر می‌سازند در بخش‌های زیر توضیح داده شده‌اند.

اصول طراحی ابری بومی برای قطعه‌بندی شبکه

عدم وابستگی: ابری بومی برای NF های 5G ضروری است. برای خدمات سفارشی بر اساس تقاضا، مانند URLLC، برنامه های کاربردی شبکه 5G نباید برای زیرساخت خاصی ساخته شوند. برنامه‌های

11-CAPEX
12-Network Function Virtualization
13-Network Slice Instance
14-Virtual Network Function
15-Software Defined Networking
16-Control Plane
17-Dynamic Service Chanining
18-Domain Gateway
19-Cloud Native Network Function
20-Network Function
21-User Plane
22-Session Management Function
23-Access and Mobility Management Function
24-User Plane Function



شکل ۱ - کانتینرها و ماشین‌های مجازی [۱]

کاربردی شبکه ابری بومی باید بتوانند روی هر زیرساختی که کوبرنتیز فعال است اجرا شوند، زیرا این برنامه‌های کاربردی ابری بومی را می‌توان بسته به الزامات سرویس، به‌صورت توزیع شده در لبه، هسته یا ابر عمومی مستقر کرد.

نرم‌افزار به صورت ماژولار: برنامه‌های کاربردی شبکه 5G باید به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند به میکروسرویس‌ها تجزیه شوند. این امکان مدیریت چرخه حیات مستقل و مقیاس پذیری را فراهم می‌کند.

هماهنگی و خودکارسازی: برای مدیریت پیچیدگی برنامه‌های کاربردی 5G و موارد استفاده مبتنی بر سرویس، ضروری است از هماهنگی لازم برای مدیریت برنامه‌های کاربردی و زیرساخت‌های ابری بومی استفاده و آن را توسعه دهیم.

فناوری‌های فعال‌سازی ابری بومی برای قطعه‌بندی شبکه

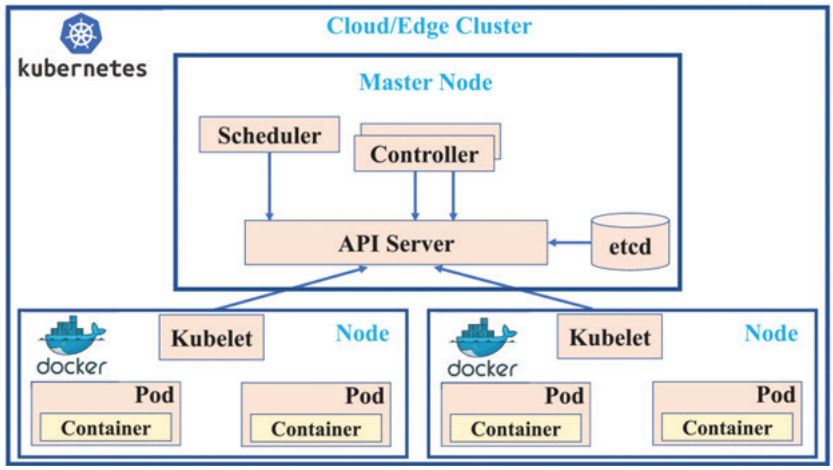
کانتینرها

کانتینرها یک جایگزین مجازی‌سازی سبک برای ماشین‌های مجازی هستند که از دو ویژگی هسته لینوکس استفاده می‌کنند: فضای نام[۲۵] و گروه‌های کنترل[۲۶]. فضای نام برای فعال کردن جداسازی برنامه با ارائه یک نمای محدود از محیط سیستم عامل زیرین، یعنی منابع شبکه (آدرس‌های IP، جداول مسیریابی و رابط‌ها) استفاده می‌شود. گروه‌های کنترل قابلیت اعمال محدودیت‌ها و اولویت‌بندی منابع سیستم (CPU و حافظه) را فراهم می‌کنند.

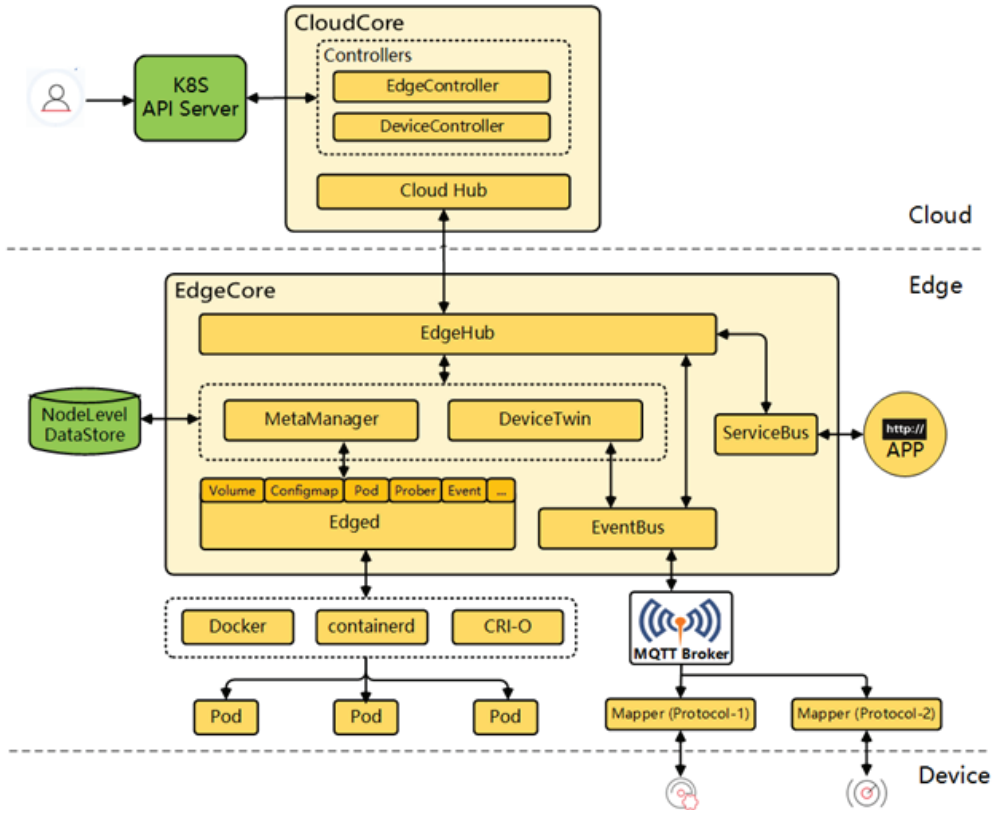
SBA[27] 5G و موارد استفاده آن، مانند MEC و قطعه‌بندی شبکه، به شدت به تکنیک‌های مجازی‌سازی متکی هستند. مجازی‌سازی مبتنی بر ماشین مجازی پیچیدگی و سربار را به سیستم اضافه می‌کند، زیرا ماشین‌های مجازی نیاز به بسته‌بندی کل سیستم عامل به همراه برنامه‌ها یا توابع میزبانی شده دارند. در مقایسه با ماشین‌های مجازی، کانتینرها می‌توانند با بسته‌بندی فقط برنامه یا تابع و وابستگی‌های خاص برنامه، سربار را کاهش دهند. یکی از پرکاربردترین فناوری‌های کانتینریزاسیون Docker است، زیرا توانایی ارائه قابلیت حمل و مقیاس پذیری را دارد. مزیت استفاده از کانتینرها به جای ماشین‌های مجازی برای قطعه‌بندی شبکه را می‌توان در شکل ۱ مشاهده کرد.

کانتینرها امکان استقرار کارآمد میکروسرویس‌ها را فراهم می‌کنند، جایی که هر قسمت از سرویس را می‌توان به کانتینرهای جداگانه تقسیم و در POD بسته‌بندی کرد که در آن می‌توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. این امکان توسعه ماژولار، مقیاس بندی کارآمد و

25-Namespace
26-Control Groups
27-Service Based Architecture



شکل ۲ - معماری کوبرنتیز [۱]



شکل ۳- معماری KubeEdge[۲]

مدل‌های استقرار را فراهم می‌کند. کانتینرها بخش جدایی ناپذیر از چارچوب NFV در نظر گرفته می‌شوند که فناوری کلیدی فعال‌سازی برای قطعه‌بندی شبکه است.

کوبرنتیز

Docker با بسته بندی و توزیع برنامه‌ها یا توابع سروکار دارد، در حالی که از پلتفرم کوبرنتیز برای مقیاس بندی، اجرا و نظارت بر برنامه‌ها یا توابع استفاده می‌شود. کوبرنتیز همچنین به عنوان یک اُرکستراتور کانتینر شناخته می‌شود که استقرار خودکار، زمان‌بندی، مقیاس‌بندی و هماهنگی برنامه‌های کانتینری را فراهم می‌کند. کوبرنتیز کانتینرها را به طور مستقیم اجرا نمی‌کند، در عوض، یک یا چند کانتینر در یک معماری سطح بالا به نام POD بسته بندی می‌شوند. کانتینرها در یک POD منابع و شبکه را به اشتراک می‌گذارند و با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. معماری کلی خوشه کوبرنتیز شامل حداقل یک گره کنترلی[۲۸] و چندین گره پردازشی است.

Openstack

Openstack به دلیل ماهیت انعطاف‌پذیر و ماژولار خود، به عنوان یکی از نامزدهای ایده آل برای فعال کردن موارد استفاده محاسبات لبه در 5G نیز در نظر گرفته می‌شود. Openstack یک نرم افزار متن باز است که برای پیاده‌سازی زیرساخت‌های ابری خصوصی و عمومی استفاده می‌شود و پشتیبانی قوی از فناوری‌های مجازی سازی و کانتینریزاسیون ارائه می‌دهد. همچنین Openstack به عنوان یک سیستم عامل ابری نامیده می‌شود که استخرهای[۲۹] بزرگی از منابع مانند محاسبات، شبکه و ذخیره سازی را در مراکز داده مدیریت و کنترل می‌کند. Openstack یک پلتفرم نرم افزاری زیرساختی بسیار توزیع شده را فراهم می‌کند و امروزه در تعداد زیادی از مراکز داده در سراسر جهان استفاده می‌شود. به تازگی، توسط صنعت مخابرات برای پیشبرد موارد استفاده محاسبات لبه پذیرفته شده است.

سناریوهای استقرار

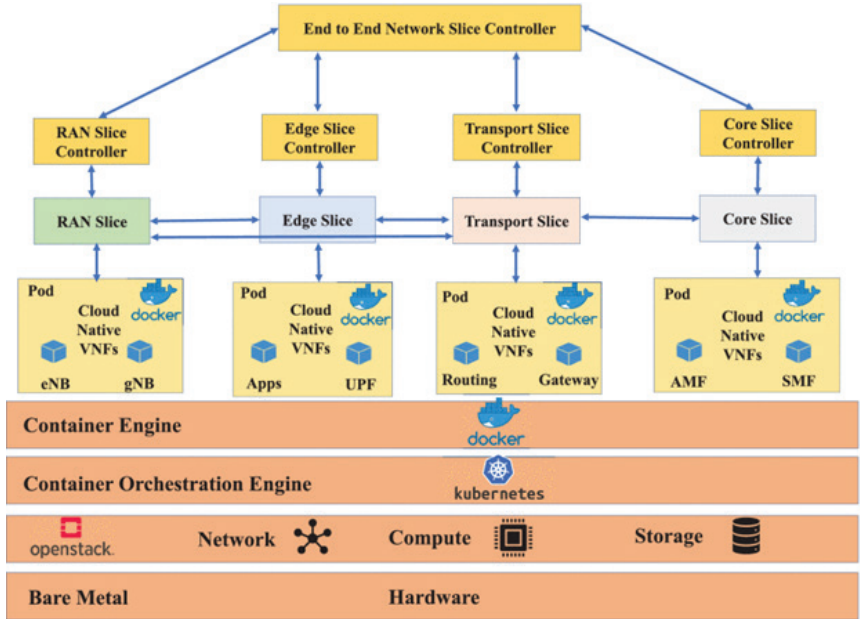
چندین سناریوی استقرار وجود دارد که در آن می‌توان از رویکرد ابری بومی، مانند Kubernetes، Docker و OpenStack برای تهیه موارد استفاده متمرکز بر سرویس قطعه‌بندی شبکه فعال شده توسط MEC استفاده کرد. به عنوان مثال، کل خوشه کوبرنتیز را می‌توان در یک بسته سبک وزن قرار داد و در لبه مستقر کرد، جایی که می‌تواند برنامه‌های کاربردی حوزه‌های کاری مختلف و توابع هسته 5G ابری بومی را به عنوان کانتینر در حال اجرا در داخل PODها میزبانی کند. رویکرد دیگری که پیشنهاد شده است، این است که به جای استقرار کل خوشه کوبرنتیز در لبه، صفحه کنترل مستقر در ابر، کانتینرها و PODها در حال اجرا در گره های لبه را مدیریت کنند. این رویکرد همچنین توسط سیستم متن باز به نام KubeEdge پیشنهاد شده است. در شکل ۳ معماری KubeEdge مشخص شده است.

معماری ابری بومی و مزایای آن

قابلیت مدیریت خودکار و مقیاس پذیری VNF های ابری بومی آن‌ها

28-Master Node/Control Node

29-Pool

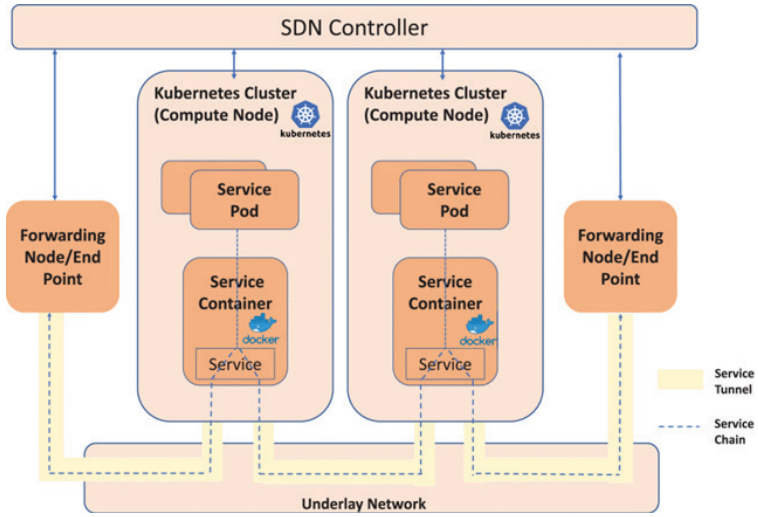


شکل ۴- قطعه‌بندی شبکه به صورت ابری بومی [۱]

را از VNF های سنتی متمایز می کند. در ادامه برخی از مزایای کلیدی VNF های ابری بومی که بر محدودیت های VNF های سنتی غلبه می کنند، آمده است:

- نصب و پیکربندی خودکار VNFها
- مقیاس پذیری خودکار و پویای منابع شبکه و VNFها بسته به حجم کاری
- خود ترمیمی و تحمل خطا که در آن پلتفرم ارکستراسیون ابری بومی به طور خودکار VNFهای معیوب را راه‌اندازی مجدد می کند.
- پایش عملکرد خودکار VNFها برای تجزیه و تحلیل گلوگاه‌ها، برای بهبود عملکرد کلی
- مدیریت ساده و نرم افزاری که امکان کاهش مصرف انرژی را فراهم می کند.
- قابلیت استفاده مجدد و قابلیت حمل بالا که توسط پلتفرم کانتینریزاسیون سبک وزن امکان پذیر شده است.

در گذشته در مورد قطعه بندی شبکه، به طور کامل هسته 5G ابری بومی و معماری میکروسرویس‌ها در نظر گرفته نمی‌شد. همچنین، بیشتر تحقیقات موجود مزایای استفاده از مجازی سازی مبتنی بر کانتین VNF ها را ارائه نمی‌دهند. ماشین‌های مجازی و Hypervisor اغلب برای مجازی سازی استفاده می‌شدند. بر اساس اصول طراحی شناسایی شده در این مقاله، معماری برای قطعه بندی شبکه ابری بومی فعال شده توسط MEC متصور شده است که از مزایای فعال کردن ویژگی‌های جدید برای NFV با فناوری های ابری بومی، مانند کانتینرهای Docker و Kubernetes بهره می‌برد. جریان منطقی تهیه قطعات شبکه به صورت انتها به انتها از همان فرآیند پیروی



شکل ۵- زنجیره‌بندی سرویس [۱]

می کند، اما از فناوری‌های ابری بومی برای متصور شدن یک پشته NFV ابری بومی به جای ارکستراتور(های) مجازی سازی سنتی استفاده می شود.

زنجیره‌بندی سرویس در محیط ابری بومی

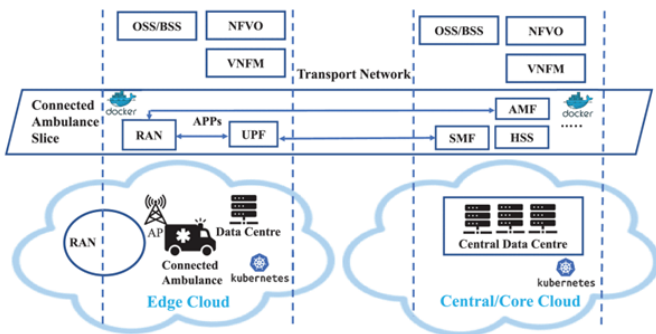
در یک محیط ابری بومی، سرویس‌ها با ایجاد کانتینرها و PODها ارائه می‌شوند تا به‌طور پویا یک یا چند سرویس را به ترافیک از یک نقطه پایانی به دیگری اعمال کنند. برای ایجاد زنجیره‌ای سرویس، SDN می‌تواند ایجاد تونل‌ها در سراسر شبکه زیرین را که تمام سرویس‌های زنجیره را پوشش می‌دهد، تسهیل کند. شکل ۵ دو گره پردازشی مستقر در یک خوشه کوبرنتیز را نشان می‌دهد که هر کدام دارای یک نمونه سرویس و ترافیکی هستند که از یک نقطه به نقطه دیگری منتقل می‌شوند.

بررسی نمونه‌های کاربردی نیازمند قطعه‌بندی شبکه ابری بومی

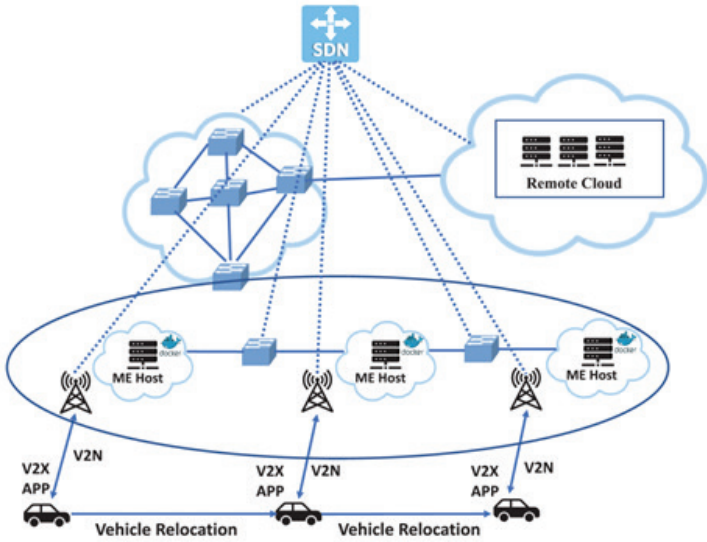
بهداشت و سلامت

آمبولانس متصل به 5G یکی از مهم ترین موارد استفاده از قطعه بندی شبکه است. هدف این کاربرد بهبود خدمات آمبولانس و ارائه مراقبت‌های بهداشتی و کمک های اولیه بلادرنگ به بیماران است. چشم انداز این کاربرد، فعال کردن یک آمبولانس متصل برای خدمت به عنوان یک لبه سیار (هاب اتصال) برای تجهیزات پزشکی اضطراری یا دستگاه‌های پوشیدنی است که امکان پخش و ذخیره‌سازی پویا و بلادرنگ داده‌های بهداشتی بیمار را برای گروه اضطراری منتظر در بیمارستان مقصد فراهم می کند. از طریق فیدهای ویدئویی بلادرنگ و ارائه بینش بیمار، گروه اضطراری قادر خواهند بود از پرسنل فوریت‌های پزشکی که از بیماران مراقبت می کنند با پشتیبانی تصمیم گیری هوشمندانه حمایت کنند.

این مورد استفاده، مستلزم استقرار قطعات URLLC بر اساس تقاضا برای فعال کردن ارتباط داده های بیمار (فیدهای ویدئویی) فشرده و بلادرنگ بین پرسنل فوریت‌های پزشکی و تیم اضطراری منتظر در بیمارستان مقصد است. این مورد استفاده را می توان با سناریوهای مختلف معماری میکروسرویس 5G ابری بومی پیش بینی شده برای



شکل ۶- آمبولانس با تجهیزات 5G و زیرساخت ابری [۱]



شکل ۷- V2X [۱]

قطعه بندی شبکه پشتیبانی کرد. به عنوان مثال، موردی را در نظر بگیرید که آمبولانس دارای مرکز داده کوچک[۳۰] اختصاصی خود با قابلیت میزبانی VNFها باشد. از آنجایی که مورد آمبولانس متصل نیاز به ارائه URLLC دارد، VNFهای صفحه کنترل را می‌توان در مرکز داده مرکزی قرار داد، در حالی که VNFهای صفحه کاربر و همچنین RAN مجازی (vRAN) و برنامه‌های کاربردی آمبولانس متصل را می‌توان در مرکز داده کوچک آمبولانس قرار داد که در شکل ۶ نشان داده شده است.

مورد استفاده V2X برای خدمات URLLC

ارتباط V2X مستلزم ارائه خدمات پهنای باند بالا و URLLC است. برخی از برنامه‌های V2X نظیر برنامه‌های ایمنی پیشرفته، مانند برنامه‌های یادگیری ماشین برای تشخیص الگو، طبقه‌بندی و رانندگی مشارکتی برای ارتباط V2V، نیاز به ارتباط کم تأخیر دارند. پروژه METIS اروپا تأخیر به صورت انتها به انتها را کمتر از پنج میلی ثانیه و قابلیت اطمینان ۹۹,۹۹ درصد پیش‌بینی می‌کند. از اهداف کلیدی پروژه METIS می‌توان به توسعه طراحی جامع شبکه دسترسی رادیویی 5G و ارائه ابزارهای فنی لازم برای ادغام و استفاده کارآمد از انواع فناوری‌ها و اجزا 5G اشاره نمود.

MEC با ارائه منابع محاسبات ابری نزدیک‌تر به کاربران نهایی در لبه شبکه، وعده قابل توجهی را در اینجا ارائه می‌دهد. میزبان MEC یا MEH[۳۱] منابع محاسباتی، ذخیره‌سازی و شبکه را برای میزبانی برنامه‌ها و خدمات V2X مختلف فراهم می‌کند. در پاسخ به الزامات تحرک بالای مورد استفاده V2X، برنامه‌ها و خدمات باید به طور یکپارچه از یک MEH به MEH مجاور مهاجرت کنند، در حالی که تأخیر و وقفه خدمات کاهش یافته است.

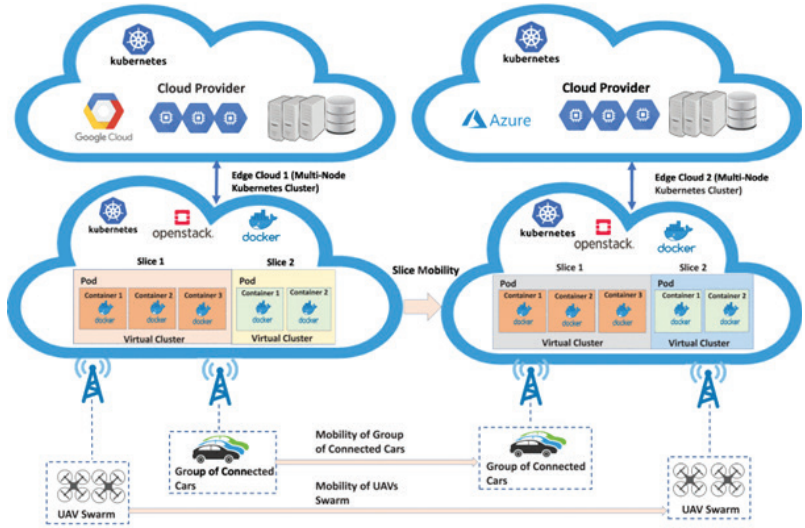
این مورد استفاده را می‌توان با رویکرد مبتنی بر کانتینر یا سیون برای قطعه بندی شبکه پشتیبانی کرد. کانتینرهای Docker سبک از قابلیت حمل و استقرار بلادرنگ برنامه‌های توزیع شده پشتیبانی می‌کنند. ویژگی‌های ارائه شده توسط راه‌حل‌های مبتنی بر کانتینر Docker آن را به یک عامل کلیدی برای MEC تبدیل می‌کند.

برای سناریوی تحرک بالا، با حرکت وسیله نقلیه از ناحیه سرویس یک MEH به دیگری، MEO[۳۲] با استفاده از سرویس اطلاعات شبکه رادیویی (RNIS[33])، مسیر وسیله نقلیه را ردیابی می‌کند و MEH هدف مناسب را پیدا می‌کند. با استفاده کامل از ماژولار بودن ارائه شده توسط راه حل کانتینر شده، برنامه‌ها و خدمات را می‌توان به صورت بلادرنگ به MEH هدف انتقال داد، به عنوان مثال، نمونه‌های سرویس و برنامه در MEH هدف تکرار می‌شوند. کنترلر SDN قوانین ترافیک را دوباره پیکربندی می‌کند و جریان‌های جدیدی را برای هدایت مجدد ترافیک از وسیله نقلیه به سمت MEH هدف نصب می‌کند. این مورد استفاده را می‌توان در شکل ۷ مشاهده کرد.

قابلیت تحرک در قطعه شبکه و مهاجرت سرویس در ابرهای لبه ابری بومی

5G از موارد استفاده جدیدی در حوزه‌های مختلف پشتیبانی می‌کند که نیاز به رویکردهای تحرک جدید فراتر از رویکردهای سنتی مبتنی بر دستگاه دارند. برای مثال، خدمات ارتباطی با تأخیر کم که در لبه مستقر می‌شوند و توسط گروهی از کاربران سیار، مانند گروهی از خودروهای متصل یا وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین (UAV) به اشتراک گذاشته می‌شوند، مدل حرکتی متفاوتی نسبت به مدل‌های سنتی دارند. برای اطمینان از تداوم سرویس، با حرکت کاربران از ناحیه سرویس یک ابر لبه به دیگری، فایل‌های پیکربندی سرویس و منابع قطعه نیز باید به صورت بلادرنگ به ابر لبه مقصد منتقل شوند. رویکرد ابری بومی را می‌توان برای پشتیبانی از قابلیت جابه‌جایی پذیری[۳۴] استفاده کرد، زیرا استفاده از ویژگی‌های پیشرفته کانتینر، امکان انتقال خدمات لبه از یک ابر لبه به

30-Mini DC
31-MEC Host
32-MEC Orchestrator
33-Radio Network Information Service
34-Portability



شکل ۸- تحرک قطعه شبکه [۱]

دیگری به صورت بلادرنگ فراهم می‌شود.

ارزیابی اولیه‌ای از رویکرد ابری بومی برای پشتیبانی از مهاجرت بلادرنگ خدمات ارتباطی به اشتراک گذاشته شده توسط گروهی از کاربران سیار در سراسر ابرهای لبه مختلف انجام شده است. شکل ۸ بستر آزمایش تجربی را نشان می‌دهد که برای شبیه سازی تحرک قطعه در سراسر ابرهای لبه مختلف مستقر شده به عنوان خوشه‌های کوبرنتیز چندنودی در مناطق مختلف در Google Cloud Platform ایجاد شده است. به خوشه‌های Kubernetes 3 CPU و ۱۱,۲۵ گیگابایت حافظه اختصاص داده شده است. در آزمایش فرض شده است که گروهی از کاربران سیار، مانند گروهی از UAV[35] و گروهی از خودروهای متصل، به ترتیب توسط قطعه ۱ و قطعه ۲ سرویس می‌گیرند. قطعات شامل چندین سرویس هستند که به عنوان کانتینر در PODهای مربوطه خود اجرا می‌شوند. قطعات با تشکیل خوشه‌های مجازی با تعریف Namespaceهای مختلف در خوشه Kubernetes جدا می‌شوند. خوشه‌های مجازی امکان مهاجرت یکپارچه و موازی همه سرویس‌های تعریف شده در Namespace را فراهم می‌کنند.

چالش‌ها و مسیر تحقیقات آتی

چالش‌ها و مسیر تحقیقات آتی به شرح ذیل خواهد بود.

انطباق هسته 5G ابری بومی

انطباق هسته 5G ابری بومی برای بهره‌مندی کامل از کارکردهای ابری بومی، مانند اتوماسیون خدمات، مقیاس‌دهی پویا برنامه‌ها و NF ها و استفاده کارآمد از قابلیت‌های ذخیره سازی و محاسباتی، ضروری است. برای پذیرش کامل معماری ابری بومی، NF های هسته ای باید به گونه‌ای طراحی شوند که کاملاً با معماری میکروسرویس ابری بومی سازگار باشند. برای مثال، نقش UPF مدیریت ترافیک دریافتی از دستگاه‌های کاربر نهایی و انجام عملیات مختلفی مانند مدیریت جلسات و مسیریابی ترافیک به لبه است. برای تبدیل UPF به ابری بومی، چالش این است که یک راه حل پردازش بسته‌ای طراحی شود که کاملاً با کانتینرها سازگار باشد و بتواند به صورت الاستیک مقیاس بندی شود. علاوه بر این، باید مقرون به صرفه نیز باشد، به عنوان مثال، نیاز به CPU کاهش یابد.

ترکیب کانتینرها و ماشین‌های مجازی

ممکن است نتوان NF ها را ابری بومی کرد و با رویکرد میکروسرویس بدون حالت[36]، سازگار کرد، زیرا ممکن است همه برنامه‌ها از رویکرد ابری بومی بهره‌مند نشوند، به عنوان مثال، LAN ها و WAN ها. همزیستی هر دو فناوری کانتینرها و ماشین‌های مجازی ممکن است راه پیش رو باشد. بنابراین، به تلاش‌های تحقیقاتی بیشتری برای توسعه یک پلتفرم ارکستراسیون نیاز است که دو نوع مختلف از بارهای کاری را به هم متصل کند، به عنوان مثال، ماشین‌های مجازی ارکستر شده توسط OpenStack و PODهایی که توسط Kubernetes مدیریت شده‌اند. در این خصوص تحقیقات محدودی تاکنون انجام شده است.

جداسازی قطعه شبکه برای خدمات شرکت‌های دیگر[37] در محیط ابری بومی

انتظار می‌رود شبکه‌های تلفن همراه 5G آینده از ایجاد قطعه‌های شبکه‌ای پشتیبانی کنند که ممکن است در اختیار سازمان‌ها و شرکت‌های دیگر، قرار گیرد. پلتفرم‌های ارکستراسیون سنتی ابری بومی، به عنوان مثال، Kubernetes، یک مدل شبکه تخت ارائه می‌کنند که در آن منابع ایجاد شده، به عنوان مثال، PODها، می‌توانند با یکدیگر تعامل داشته باشند. بنابراین، پیش نیاز پشتیبانی از خدمات بسیار حساس در یک قطعه شبکه، توسعه یک سیاست مؤثر برای ارائه جداسازی بین PODها و خدمات مختلف است.

انتقال هوشمندی و محاسبات خاص کاربر به لبه

در نسل‌های بعدی شبکه‌های موبایل، پیش‌بینی شده است که محاسبات

35- Unmanned Aerial vehicles

36- Stateless

37- Third Party

خاص کاربر و هوشمندسازی به لبه منتقل شوند. بهره‌گیری از محاسبات لبه به برنامه‌های محاسباتی فشرده و نیازمند تاخیر پایین اجازه می‌دهد تا در لبه اجرا شوند. تعداد فزاینده دستگاه‌های هوشمند در کاربردهایی نظیر برنامه‌های شهر هوشمند، حجم عظیمی از داده‌های محلی را تولید می‌کند که برای پردازش به ابر متمرکز منتقل می‌شود و منجر به تأخیر و پیچیدگی محاسباتی در ابر می‌شود. برای مقابله با این چالش‌ها، چشم‌انداز شبکه‌های نسل بعدی، تسهیل موارد استفاده هوش مصنوعی در ابر لبه است. انتقال قابلیت هوش مصنوعی و محاسبات به لبه، موارد استفاده و خدمات جدیدی مانند خودروهای خودران، واقعیت مجازی موبایل و برنامه‌های واقعیت ترکیبی را امکان پذیر می‌کند. چالش این است که برای تحقق خدمات جدید، معماری‌های شبکه عصبی کارآمد و جدیدی بر روی لینک بی‌سیم در لبه شبکه طراحی شود.

بهره‌گیری از یادگیری ماشین برای استفاده کارآمد از منابع

الگوریتم‌های یادگیری ماشین، مانند ماشین بردار پشتیبان[38] (SVM) و یادگیری تقویتی عمیق[39] (DRL)، در قطعه‌بندی شبکه هنوز به طور کامل مورد بهره‌برداری قرار نگرفته است. برای مثال، SVM را می‌توان به عنوان یک ابزار کارآمد برای طبقه بندی الزامات سرویس استفاده کرد که به انتخاب قطعه شبکه کمک می‌کند و DRL را می‌توان در مسائل تخصیص منابع وابسته به بار کاری پویا مانند تخصیص کارآمد و پویای منابع به هر شبکه منطقی (تخصیص منابع قطعه) در یک شبکه فیزیکی مشترک به اشتراک گذاشت.

راه حل‌های قرارگیری کنترلر

قطعه بندی شبکه از تحقق خدمات به صورت انتها به انتها بر حسب تقاضا پشتیبانی می‌کند که هر کدام الزامات خاص خود را دارند، مانند تأخیر، پهنای باند و در دسترس بودن. بسته به الزامات سرویس، NF های هسته 5G را می‌توان در مراکز داده عمومی، محلی یا خصوصی در هر مکان جغرافیایی مستقر کرد. بنابراین، چالش این است که استراتژی قرارگیری مطلوب را برای کنترلر قطعه شبکه به صورت انتها به انتها پیدا کنیم که مدیریت قطعه را با توجه به الزامات خاص سرویس امکان پذیر کند. همچنین، تعیین تعداد مطلوب کنترلرهای مورد نیاز برای هر قطعه یک موضوع باز است که باید مورد بررسی قرار گیرد.

جداسازی و تعامل صفحه کنترل

کسب و کارهای حوزه‌های مختلف ممکن است الزامات سرویس متفاوتی داشته باشند، به عنوان مثال، صنعت خودروسازی ممکن است به یک برنامه کنترل، یعنی برنامه مدیریت تحرک برای برآورده کردن الزامات سرویس تحرک بالا نیاز داشته باشد. چالش‌ها، ارائه یک صفحه کنترل جدا و سفارشی برای مشتریان حوزه‌های مختلف به جای یک

38- Support Vector Machine
39- Deep Reinforcement Learning

صفحه کنترل مشترک است. این قابلیت به کسب و کارهای حوزه‌های مختلف اجازه می‌دهد تا یک برنامه کنترل سفارشی برای برآورده کردن الزامات سرویس ارائه دهد. همچنین، رابط‌ها و تعاریف جدیدی مورد نیاز است که تعامل صفحه کنترل SDN با قطعه‌های شبکه را تسهیل کند. تعامل صفحه کنترل SDN با قطعه‌های شبکه یک موضوع باز است که باید مورد بررسی قرار گیرد.

جمع‌بندی

قطعه‌بندی شبکه مبتنی بر NFV، SDN، MEC و هسته 5G ابری بومی به عنوان یک فناوری فعال ساز کلیدی برای اپراتورها و ارائه‌دهندگان خدمات شبکه 5G در حال ظهور است تا فرصت‌های درآمدی جدیدی را به دست آورند و خدمات سفارشی جدید و نوآورانه را بر اساس تقاضا ارائه دهند. با این حال، برای دستیابی کامل به اهداف متمرکز بر خدمات 5G، مسائل و چالش‌های فنی متعددی از جمله یکپارچه‌سازی[40] قطعه بندی در میان بخش‌های سیستمی[41] متعدد، انطباق هسته 5G ابری بومی برای پشتیبانی از موارد استفاده MEC، زنجیره بندی خدمات پویا و طراحی و جایگذاری کنترلر باقی می‌ماند. در این مقاله تلاش‌های اخیر و پیشرفت‌هایی که در تحقق قطعه بندی شبکه به صورت انتها به انتها، فناوری‌های فعال کننده کلیدی مانند NFV برای پشتیبانی مجازی سازی، MEC برای خدمات URLLC، هسته 5G ابری بومی برای اتوماسیون خدمات و SDN برای زنجیره بندی خدمات پویا و مدیریت VNF، بررسی شده است. با توجه به اینکه موارد استفاده NFV و 5G شروع به انتقال به یک پلتفرم ابری بومی کرده‌اند، پذیرش برنامه‌های کاربردی و NF ابری بومی در میان اپراتورهای شبکه برای مقیاس پذیری خدمات، عدم وابستگی، قابل حمل بودن و اتوماسیون در حال افزایش است. در این مقاله همچنین، یک معماری ابری بومی فعال شده با SDN و MEC برای قطعه بندی شبکه 5G به همراه برخی از موارد استفاده بالقوه آن پیش بینی شده است، پیشرفت اخیر صورت گرفته توسط استانداردسازی صنعت و تحقیق در مورد قطعه بندی شبکه 5G مورد بحث قرار گرفته است و مسائل باز تحقق چشم انداز آینده قطعه بندی شبکه 5G شناسایی شده است.

40- Federation
41- Administrative Domains

منابع:

[1] S. D. A. Shah, M. A. Gregory and S. Li, “Cloud-Native Network Slicing Using Software Defined Networking Based Multi-Access Edge Computing: A Survey,” in IEEE Access, vol. 9, pp. 10903-10924, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3050155.

[2] https://release-1-15.docs.kubeedge.io/docs/