بررسی مکان‌یابی بهینه عملکردهای شبکه مجازی

لیلی عاصمی یزن‌آباد [1]، شهرام جمالی [2*]

[1]دانشجوی کارشناسی ارشد، نرم‌افزار، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل Asemileili@gmail.com
[2]استاد، گروه آموزشی مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل jamali@uma.ac.ir

چکیده

مجازی‌سازی توابع شبکه، یک مفهوم از معماری شبکه می‌باشد که استفاده از مجازی‌سازی فناوری اطلاعات را بنا به تکنولوژی‌های مجازی‌سازی، داخل کلاس‌های توابع گره‌های شبکه پیشنهاد می‌کند که اجازه می‌دهد بلاک‌هایی و سرورهایی که به هم متصل می‌شوند یا سرویس‌های ارتباطاتی را ایجاد می‌کنند، تشکیل شوند.

در کنار NFV ، VNF یا توابع شبکه مجازی‌سازی شده است که شامل یک یا چندین ماشین مجازی است و نرم افزارها و فرآیندهای مختلفی را اجرا می‌کنند. که این ساختار می‌تواند بر روی سرورها، سوئیچ‌ها یا فضاهای ذخیره‌سازی و روی زیرساخت ابری قرار داده شود. مثال‌های دیگر NFV، شامل متعادل‌کننده بارهای مجازی شده، فایروال‌ها و... می‌باشد. در این مقاله مروری بر عملکردهای شبکه مجازی و همچنین ساختار و نحوه‌ی عملکرد آن در شبکه‌های مختلف اشاره شده است. همچنین مطالعات پیشین انجام شده و نکات مهم مورد بررسی قرار گرفته شد و در پایان مقاله به نتیجه‌گیری از بیانات عنوان شده پرداخته خواهد شد.

واژه های کلیدی

زنجیره سرویس‌ها، جایگذاری بهینه, مجازی‌سازی عملکردهای شبکه

مقدمه

در شبکه‌های سنتی یک سرویس شبکه به صورت تعدادی کارکرد مشخص، که ترافیک با ترتیب مشخصی از آن‌ها عبور می‌کند، تعریف می‌شود. کارکردهای شبکه به صورت سخت‌افزار و نرم‌افزار تخصصی تهیه شده از طراحان مختلف استفاده می‌شود. کارکردها باید در مکان مناسب در شبکه قرار گیرند و ترافیک به سمت آن‌ها هدایت شود. معایب شبکه‌های تخصصی به صورت اختصار عبارتند از: پرهزینه بودن کارکردها به واسطه قیمت سخت‌افزار و نرم‌افزار، هزینه آموزش طراحان و هزینه نگهداری سخت‌افزار تخصصی، محدود بودن قابلیت‌های تجهیزات به انتخاب سازنده تجهیزات، مصرف بالای انرژی به دلیل عدم تجمیع شدن کارکردها، نیاز به فضای کافی برای استقرار تجهیزات، نیاز به جابجایی و استقرار دوباره تجهیزات در صورت تغییر همبندی شبکه[7].

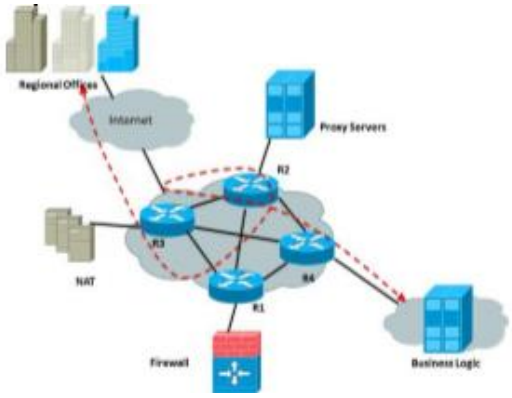
در سالهای اخیر رشد چشمگیری در ترافیک داده‌های کاربر به دلیل زیاد شدن دستگاه‌های موبایل و ظهور نمونه‌های شبکه‌ای جدید مانند اینترنت اشیاء یا IOT به وجود آمده است. افزایش بی‌سابقه در ترافیک داده‌ها باعث افزایش CAPEX و OPEX برای فراهم آورندگان سرویس های اینترنت یا ISP ها و فراهم آورندگان سرویس های کاربردی یا ASPها می‌شود[22]. مجازی‌سازی عملکرد شبکه، بعنوان یک نمونه جدید با هدف برخورد با این چالش برای ISP پیشنهاد شده است[21]. ایده مجازی‌سازی عملکردهای شبکه، برای جداسازی عملکردهای شبکه از سخت‌افزارهای تخصصی با هدف به دست‌آوردن انعطاف‌پذیری بالا در نگه‌داری و مدیریت شبکه است. با کنار زدن عملکردهای شبکه از سخت‌افزارهای خاص،NFV نه تنها باعث کاهش CAPEX و OPEX، بلکه به طور چشمگیری انعطاف‌پذیری و تحمل خطا را بهبود می‌بخشد[3].

NFV (Network function virtualization) برای جداسازی عملکردهای شبکه میدل باکس‌ها (توازن بار، فایروال و....) از سخت-افزارهای تخصصی است[3,4]. در یک محیط NFV، عملکردهای شبکه چکیده‌ای از مدل‌های نرم‌افزاری هستند که عملکرد شبکه مجازی یا VNF نامیده می‌شود که بر روی سخت‌افزارهای Off-The-Shelf به عنوان مثال سرورهای تجاری و سوئیچ‌ها اجرا می‌شود[23]. به عنوان مثال یک سرویس مانند "امنیت شبکه "ممکن است متشکل از عملکردهای شبکه مانند یک فایروال و بازرسی بسته های عمیق باشد که در سطح نرم افزار نصب می شوند.تکنولوژی NFV و SFC می‌تواند شرکت های بزرگ مانند بانک ها، موسسات مالی و.. استفاده شوند.یک مثال از SFC در شکل ۱ نشان داده شده است[5].

NFV یا مجازی‌سازی تابع‌های شبکه یک مفهوم در معماری شبکه است که با استفاده از مجازی سازی منابع، امکان پیاده‌سازی و تجمیع تابع‌ها بر روی سرورهای استاندارد و قابل دسترس را فراهم می‌کند. مزایای یک شبکه NFV عبارتند از: تجمیع VNF ها برروی یک سخت‌افزار که باعث کاهش هزینه و کاهش انرژی می‌شود، جداسازی VNF از سخت‌افزار توانایی مقابله با خرابی، قابلیت به اشتراک‌گذاری منابع بین VNF را بالا می‌برد.[4,5,1]

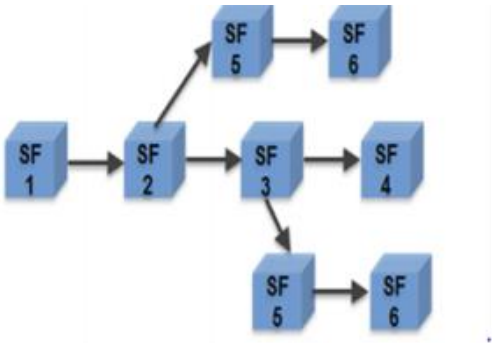
برای انجام دادن یک سرویس، درخواست‌های کاربر از طریق یک مجموعه از عملکردهای شبکه به عنوان مثال دیوار آتش، یک پروکسی سرور، مترجم آدرس‌های شبکه (NAT) و درنهایت سرور یک تجارت

منطقی انجام می دهد. بسته‌های کاربر از طریق یک زنجیره خدمات متشکل از دنباله توالی از عملکردهای شبکه مسیریابی شوند: R3(NAT)، R1(Firewall)، R2(Proxy Server) ، (منطق کسب و کار)R3 و سپس برگشت به کاربر توسط خط قرمز و..... نشان داده شده است.



شکل ۱: مثالی از زنجیره خدمات[2]

زنجیره خدمات ممکن است به صورت پویا تغییر پیدا کند. به عنوان مثال ممکن است رشد آن زیاد باشد و به چندین شاخه که در شکل ۲ نشان داده شده است تقسیم شود [24].



شکل ۲: سرویس های شبکه،زنجیره خدمات و فانکشن های خدمات[2]

شکل و تعداد زنجیره خدمات سرویس ممکن است براساس بار و زمان متفاوت باشد[25].

شبکه‌های 5G نسل بعدی بر روی مراکز داده مجازی (VDC) تکیه می‌کنند تا عملکردهای شبکه مجازی را در سرورهای مناسب ذخیره کنند. چنین تابع شبکه‌ای (NFV) منجر به صرفه‌جویی قابل توجه در شرایط هزینه زیرساخت‌ها و کاهش پیچیدگی مدیریت خواهد شد. (VNFS) در داخل ماشین‌های مجازی (VMS) تحت کنترل یک Hypervisor در سرورهای مناسب اجرا می‌شود. مجازی‌سازی امکان ادغام منابع را فراهم می‌کند، زیرا VMها ممکن است در همان سرور فیزیکی قرار بگیرند که منجر به استراتژی‌های سبز در داخل یک مرکز داده می‌شود[1].

NFV

به طور کلی، برای جداسازی یک پایه یا سرویس شبکه جدید لازم است که آلات سخت‌افزاری متفاوتی اضافه شود که باعث افزایش هزینه منابع شبکه و به کارگیری از مهندسان برای مدیریت آن منابع می‌شود. از اینرو تغییرات سریع در تکنولوژی منجر به چرخه زندگی کوتاهتر محصول در تولیدات شبکه‌ای شده است. NFV کلیدی است که تکنولوژی را قادر می‌سازد تا از تغییرات اساسی در مولفه های حقیقی و فیزیکی سیستم‌های شبکه، جلوگیری کند که این امر از طریق ارائه عملکردهای شبکه در ایجاد نرم‌افزار خام بیش از منابع سخت‌افزاری، انجام می‌شود. در یک محیط مجازی شده، سخت‌افزار می‌تواند شبیه-سازی شود و چندین عملکرد مجازی می‌توانند منابع در دسترس را به اشتراک گذاشته و به طور هم زمان از طریق مجازی‌سازی در زیر ساخت اجرا شوند. در NFV، آلات شبکه سنتی که عمدتا به عنوان مولفه‌های سخت‌افزار جدا شده‌اند، می‌توانند مجازی شده و در زیرساخت مانند شکل ۱، اجرا شوند. و به این معنی است که آلات مجازی مانند دیوار آتش، وی‌پی‌ان، راهبر و سرعت شبکه گسترده، می‌توانند بدون نصب قطعات جدید به مکان‌های متفاوت در شبکه حرکت کرده و یا نمونه سازی شوند. براساس چهارچوب‌های ارائه شده در موسسه‌ی استانداردهای ارتباطات دور برد اروپا، NFV بر سه دامنه اصلی بنا شده است: VNF، زیرساخت NFV و انجمن سازی و مدیریت NFV [10].

مطالعات پیشین

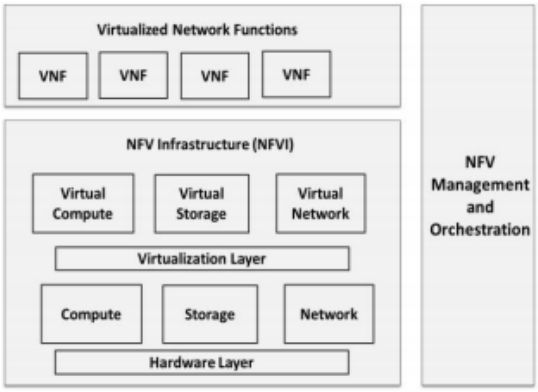
مارسلو[1] و همکاران (۲۰۱۶) بررسی می‌کند که چگونه راهبردهای محکمی که عملکرد شبکه مجازی (VNF) را در داخل (VDC) برای صرفه‌جویی در انرژی و سطح حفاظت در برابر عدم قطعیت تقاضای منابع قرار می‌دهد. که یک مدل بهینه‌سازی مقاوم اصلی را پیشنهاد می‌کند که به طور مشترک جایابی بهینه و مسیریابی در شبکه‌های مجازی را بهینه کرده و به تغییرات در تقاضای منابع VNF می-پردازد[12].

مسئله زمانبندی به اندازه مسئله جایگذاری در NFV یک مسئله مهم است[3]. برای بهره‌وری بهتر از منابع شبکه، (یاوو[2] و همکاران، ۲۰۱۸) مسئله مشترک از جایگذاری VNF و انتخاب مسیر را پیشنهاد می-کنند[7]. هدف کاهش زمان اجرا از طریق نگاشت مناسب و زمابندی پیشگیرانه از زنجیره خدمات است[3]. بهاماره[3] و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله خود یک مدل تحلیلی برای جایگذاری تابع زنجیره خدمات در محیط های چند ابری را ارائه می‌دهد[5].

تابع زنجیره خدمات (SFC) یک توانمند ساز برای مجازی‌سازی تابع-های شبکه (NFV)، نمونه‌های شبکه است.که یک جایگزین اقتصادی

[1] Marcelo
[2] Yao
[3] Bhamare

و انعطاف‌پذیر برای محیط‌های استاتیک امروزی برای فراهم آورندگان سرویس‌های اینترنتی (ISP) و فراهم آورندگان سرویس‌های کاربردی (ASP)، که از سرویس‌های ارائه شده بر روی ابر (CSP) استفاده می‌کنند را فراهم می‌آورد. مطابق با مطالعه (کوئین[4] و همکاران، ۲۰۱۵) یک تابع زنجیره خدمات یک مجموعه مرتب یا تقریبا مرتب از چکیده تابع‌های سرویس و دنباله مرتب است که باید بر روی بسته ها و یا دنباله انتخاب شده از یک نتیجه از طبقه‌بندی اعمال شود. چندین گروه کاری درگیر استانداردسازی NFV و SFC هستند[14]. ETSI در سال ۲۰۱۲، NFV ISG را برای تعریف نیازمندی‌ها و معماری برای مجازی‌سازی عملکردهای شبکه را تشکیل داد (به عنوان مثال شکل۳ ساختار پیشنهاد شده توسط ETSI را نشان می‌دهد) [5].



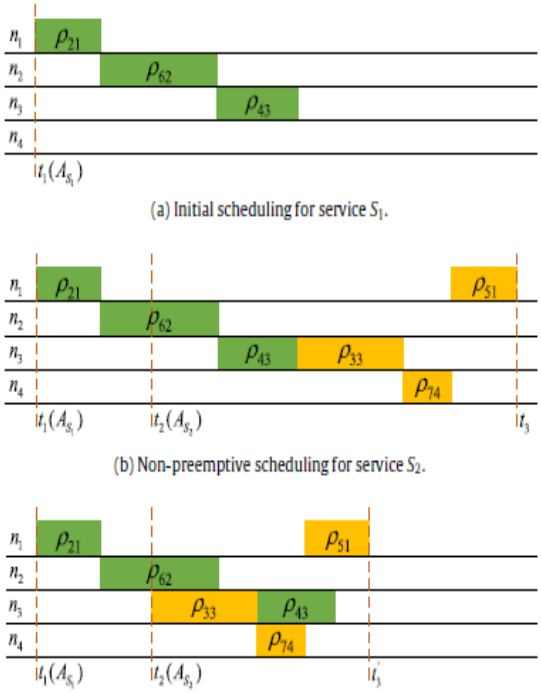
شکل ۳: ساختار NFV [2]

مهراقدم و همکاران (۲۰۱۴) یک مدل برای فرموله‌سازی زنجیره‌ای از فانکشن‌های شبکه با استفاده از یک زبان context-free را پیشنهاد می‌دهد[19]. این مدل قرارگیری درخواست‌ها و ایجاد گراف فانکشن‌های شبکه مجازی را پردازش می‌کند که می‌تواند بر روی یک شبکه اساسی نگاشت شود. به نظر آنها، NFV با تسهیل زنجیره‌بندی و قرار دادن VNF ها انعطاف‌پذیری بیشتری را برای زنجیره سرویس فراهم می‌کند. برای هر درخواست استقرار، هیوریستیک پیشنهادی یک گراف VNF انتخاب می‌کند که حداقل نیاز کلی داده در میان تمامی گراف‌های VNF ممکن برای آن درخواست را دارد [19].

لویزلی[5] و همکاران (۲۰۱۵) عملکرد شبکه و مساله Chaining را تعیین کرده و یک مدل ILP برای حل آن پیشنهاد کرده‌اند. برای اینکه این روش برای توسعه های بزرگ قابل استفاده باشد، آن ها یک روش اکتشافی را برای هدایت موثر حل کننده ILP به سمت راه حل‌های عملی و نزدیک به راه حل های بهینه پیشنهاد کرده‌اند. در حال حاضر مقدار قابل توجهی از تحقیقات در زمینه مساله مکان‌یابی VM به خصوص در یک ابر واحد انجام شده است [16,17,18].

مدل سیستم

همه عملکردهای استفاده شده در یک زنجیره سرویس U به وسیله Fu نشان داده می‌شود. هر تابع i ̈ F € باید یکبار پردازش شود و اجرای آن نمی‌تواند به تعویق بیافتد یا درآن وقفه ایجاد شود. به عبارت دیگر سرویس در سیستم پیشگیرانه است به این معنی که عملکردهای سرویس جدید می‌توانند قبل از پایان سرویس موجود اجرا شوند. همه زنجیره‌های سرویس یک مهلت زمانی دارند که با Eu نشان داده می‌شودکه کیفیت سرویس را تضمین می‌کند.به عنوان مثال از زمانبندی عملکردها برای زنجیره خدمات چندگانه شکل ۱ ارائه شده است.[7]



شکل ۴: یک مثال از زمان بندی عملکردها برای زنجیره سرویس [3]

فرض شده که گره های مجازی n1، n2، n3، n4، می‌توانند عمل‌های {f2, f5}, {f1, f3, f6, f8}, {f3, f4},{f1, f4, f5, f7}, را به ترتیب اجرا کنند. از آنجا که گره‌ها با ظرفیت پردازشی متفاوتی و اندازه بافر متفاوت هستند، زمان اجرای عملکردها برروی گره‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد. به‌علاوه بعضی از گره ها نمی‌توانند بعضی از عملکردهای خاص را انجام دهند. در ابتدا صف در همه گره‌های مجازی قبل از زنجیره خدمات {S1 = {f2 → f6 → f4} در زمان As1 خالی هستند. همچنین درخواست برای زنجیره خدمات S1 ارسال شده برای گره مجازی، شکل۴ (a) بهترین نگاشت و زمانبندی را نشان می‌دهد. در زمان t2، زنجیره سرویس دیگری به عنوان مثال {S2 = {f3 → f5 → f7، می‌رسد، فقط f1 از s1 به طور کامل اجرا شده و f6 در حال اجرا شدن است[20].

[4] Quinn

[5] Luizelli

هدف از مدل بهینه‌سازی، به حداقل رساندن زمان واکنش و یا تاخیر به مشتریانی است که محدودیت های دیگری از قبیل محدودیت هزینه، محدودیت‌های تعیین مکان ناشی از SLA ها را برآورده می‌کنند. این مدل بهینه‌سازی برای استقرار جریان کار در VNFs و تخصیص درخواست مشتری به این جریان‌های کار برای برآورده کردن نیازهای خدماتی تعریف شده است[6].

فرمول های مسأله

یاوو و همکاران (۲۰۱۸) برای کاهش زمان اجرا برای همه زنجیره سرویس‌ها از روش ILP استفاده کرده است.

فرمول ILP

ILP:

$$min: min\{\max(e_{u.i}) - t\}, \forall t \in A \qquad (۱)$$

که در این فرمول eu,i زمان پایان از i در سرویس u است[7].

اکنون ما محدودیت‌های مدل بهینه‌سازی را مورد بحث قرار می‌دهیم:

۱-ظرفیت ابر: حداکثر تعداد نمونه هایی از VNF، که ممکن است در یک ابر مشخص شده مستقر شود، به وسیله ظرفیت آن ابر خاص و تقاضاهای VNF ها محدود می‌شود. به عبارت دیگر، مجموع تقاضای تمام VNF های نصب شده در ابر j باید کمتر یا برابر ظرفیت ابر J باشد[5].

$$\sum_{l=1}^{M} I_j^l \times \delta_l \le K_j \qquad \forall j \in |V| \qquad (۲)$$

۲-ظرفیت ماشین‌مجازی: حداقل تعداد VM که باید بر روی یک ابر خاص مستقر شوند محدود به کسر ترافیک کل مشتری از تمام مکان‌ها است که به آن ابر خاص اختصاص داده شده است. یعنی، مجموع تقاضاهای مشتریان اختصاص داده شده به یک VF خاص k در یک مکان خاص j باید کم‌تر یا مساوی با مجموع کل موارد ایست VF خاص k در محل j باشد[5].

$$\sum_{l=1}^{|V|} A_{ij}^l \times \Delta_i \times W_i \;\le\; I_j^l \times k_l \quad \forall j \in |V|, l \in M \qquad (۳)$$

۳- محدودیت اتحاد: این محدودیت مستلزم آن است که هر مشتری به یک گره ابر اختصاص داده شود تا از VF سرویس دریافت کند .به عبارت دیگر، برای یک VF خاص، یک کاربر باید یک مجموعه ورودی ۱ در ماتریس تخصیص داشته باشد. با این حال، به کاربران این امکان را می‌دهد که برای دو روش مختلف، به دو ابر مختلف نگاشت شوند[5].

$$\sum_{j=1}^{|V|} A_{ij}^l = 1 \qquad \forall i \in |V|, l \in M \qquad (۴)$$

۴- محدودیت یکپارچگی: همانطور که قبلا ذکر شد، فرض شده است که مجموعه‌ای از کاربران و ابرها مجموعه‌های غیر مجزا هستند. از اینرو، ما باید اطمینان حاصل کنیم که درخواست‌های کاربر فقط برای ابرهای گره (و نه به گره های دیگر مشتری) ارسال می‌شود. با کمک محدودیت زیر این اطمینان حاصل می‌شود[5]:

$$A_{ij}^l \le A_{ii}^l, \forall i \qquad j \in |V|, l \in M \qquad (۵)$$

۵- آستانه هزینه: تعداد ابرها که ممکن است نصب شوند یک ورودی Γ. Γ، از Γmin تا Γmax فرق می کند Γmin ممکن است از یک شروع کند. f هزینه عملیاتی مرتبط با یک ابر واحد و F مجموع هزینه کل است Γ max را می توان به صورت Γmax = F ∨ f محاسبه کرد. در هر تکرار، باید اطمینان حاصل شود که تعداد کل ابرهای میزبان VNF ها در آن تکرار کمتر یا برابر Γ است[5]:

$$\sum_{i=1}^{|V|} A_{ii}^l \le \Gamma \qquad \forall l \in M \qquad (۶)$$

۶- محدودیت های صف بندی: برای اینکه سیستم‌های صف بندی پایدار باشند، باید دو محدودیت را رعایت کنند. به این معنا که نرخ پردازش باید بزرگ‌تر از یا برابر نرخ ورود باشد[5].

$$\lambda_{ij} \le \mu_{ij} \quad and \quad \lambda_j \le \mu_j \qquad (۷)$$

۷- SLA ها برای تعیین وضعیت VF: کاربران به طور معمول تعدادی از محدودیت‌ها را برای خدمات خود، مانند، کیفیت، عملیاتی و یا الزامات قانونی وضع می‌کنند .CSP و ASP، SLA ها را برای برطرف کردن چنین محدودیت‌هایی امضا می‌کنند. به عنوان مثال، ASP ممکن است بخواهد دیواره های آتش را در نقاط لبه و منطق تجاری را در هسته مستقر کند. از اینرو، یک نمونه از یک VF ممکن است در یک مکان خاص ابر نصب شود، فقط اگر این مکان منطبق بر محدودیت جایگذاری برای آن VF خاص، همانطور که در SLA تاکیده شده است باشد . به این معنی که یک کاربر به یک ابر در گره i برای یک l،VF اختصاص داده می‌شود، فقط اگر مجاز به استفاده از آن در ابر Ith به عنوان SLA باشد. محدودیت می‌تواند به صورت زیر نوشته شود[5]:

$$A_{ij}^l \le P_i^l \qquad \forall i, j \in |V|, l \in M \qquad (۸)$$

۸- SLAs برای زمان پاسخ کاربر: بسته به نوع کاربر (به عنوان مثال، براساس تعرفه‌های پرداختی یا براساس حساسیت زمان کاربردها)، ASP ها ممکن است مایل به محدود کردن هر تاخیر بسته برای کاربران آن باشند. این امر همچنین از گرسنگی یک کاربر خاص ناشی از منابع محدود اجتناب می‌کند. با این حال، این محدودیت بستگی به عملکرد بهینه نهایی برای تاخیرهای کل دارد. تاخیر کل برای مشتریI است. محدودیت می‌تواند به صورت زیر مدل شود[5]:

$$\psi_i \le \theta_i / W_i \qquad \forall i \in |V| \qquad (۹)$$

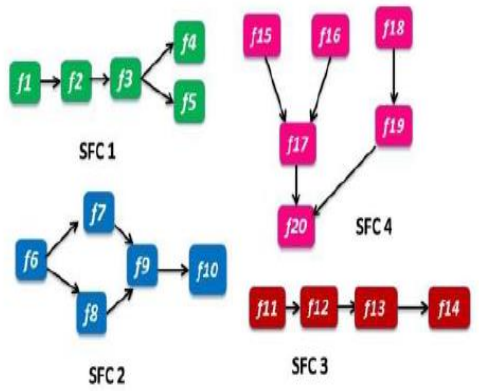
۹- تاخیر لینک چند ابر: این محدودیت تاخیر لینک را به عنوان تابعی از کل ترافیک عبوری از طریق لینک، به تاخیر می اندازد. این مساله حایز اهمیت است چون جریان های لینک استاتیک نیستند و متفاوت

هستند و مشتریان بیشتری به شبکه اضافه می‌شوند. مدل‌های مختلفی برای مدل‌سازی ترافیک کلی و پارامترهای لینک پیشنهاد شده است. با این حال، ما مدل تصادفی برای تاخیر پیوند را در نظر می‌گیریم[5].

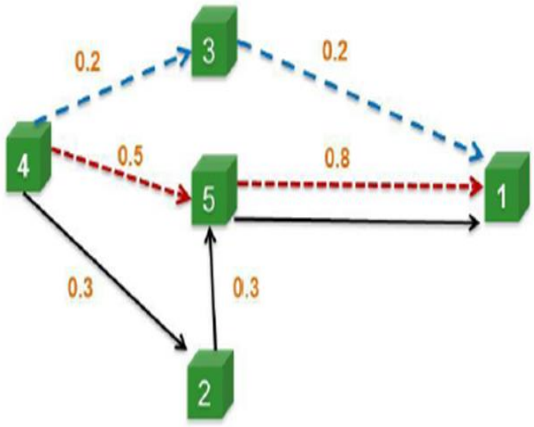
$$\lambda_{ij} = \sum_{k \varepsilon |V|} \sum_{l \varepsilon M} W_k \times (A_{ki}^{l} \times A_{kj}^{l+1}) \quad \forall i,j \in |V| \qquad (۱۰)$$

هیوریستک

مشکل موجود در NFV در نظر گرفتن یک مساله دو جانبه است. بخش اول شامل قرار دادن VNFها در ابرها است، در حالی که قسمت دوم شامل تخصیص جریان‌های کاربر به VNFهای که در حال حاضر موجود هستند می‌باشد. رویکرد اکتشافی جدید برای حل مشکل فوق ارائه شده است. رویکرد پیشنهادی شامل تخصیص "وابستگی" (ABA) است. در حالی که VNF ها را در ابرها قرار می‌دهد، ترافیک گرایی در میان VNF ها را در نظر می‌گیرد. شیوه اکتشافی پیشنهادی خود را با روش "حریصانه " استاندارد مقایسه شده است[9]. تا VNF را بر روی ابرها قرارداده شود. به خصوص یک رویکرد حریصانه ساده (SGA) با استفاده از روش (FFD) در نظر گرفته شده است . مشاهده شده است که رویکرد حریصانه نسبت به رویکرد مبتنی بر وابستگی، نتایج نسبتا سریعی را تولید می‌کند. با این حال، کیفیت راه‌حل بسیار بهتر و نزدیک‌تر به رویکرد (Affinity- Based) است. در رویکرد حریصانه، ابتدا نمونه هایی از همه VNF ها که برای پاسخگویی به تمامی خواسته‌های کاربر-مورد نیاز است، تعیین شده است[27,28]. با استفاده از رویکرد حریصانه، VNFs در ابر مناسب قرار داده می‌شوند. برای ترکیب محدودیت‌های مکانی، ابرها را به سمت ابرهای لبه و ابر مرکزی تقسیم کرده‌اند. ابرهای لبه در حاشیه توپولوژی واقع شده و نزدیک به کاربران نهایی یا خوشه های کاربر هستند. در این کار، پنج SFC با مجموع ۲۵ فاکتور در نظر گرفته می‌شود. شکل و نمودار SFC در (شکل‌های۶ و ۵) داده شده است. باید توجه کرد که شکلSFC ترتیب اجرای آن‌هارا نشان می‌دهد[5]. برای مثال، در SFC 1، VNF f2 باید بعد از f1 اجرا شود. این ممکن است به دلیل وابستگی منطق کسب و کار یا برخی از مطالبات مورد نیاز شبکه ترافیکی اجباری باشد. به عنوان مثال، VNF با استفاده از منطق سرویس وب باید قبل از اینکه پایگاه داده‌های مدیریت VNF قرار گیرد یا فایروال باید قبل از منطق کسب و کار و غیره قرار داده شود. برای درک دقیق جریان خدمات ارایه شده توسط یک ASP. فرضی، پنجم SFC در عمق بیشتری که در شکل ۶ نشان داده شده است بررسی شده است. این SFC خاص شامل پنج VFS است. این عملکردها ممکن است منطقی تجاری، اطلاعات همگانی، دیوارآتش، NAT و پایگاه داده (به ترتیب ۱ تا ۵) باشند[5].



شکل ۵: زنجیره های عملکرد خدمات[5]



شکل ۶: نمودار جریان سرویس برای SFC[5]

در این مورد، VNF برای منطق کسب و کار باید در مکان اصلی باشد (نه در معرض دید کاربران). بر عکس، NAT در مکان‌های لبه، نزدیک به کاربران نهایی و نه در محل های اصلی وجود دارد. قابلیت‌های دیگر (VNFs) این است که ممکن است در هر مکان به ازای دسترسی به منابع شخصی یا نزدیکی به کاربران نهایی مستقر شوند[29]. لازم به ذکر است که این الزامات ممکن است مطابق با قوانین و سیاست-هایASPها و SLAها تغییر کنند. ماتریس محدودیت قرارگیری مربوطه برای مثال بالا در جدول ۱ داده شده است. مقدار ۱ در ستون-های سایت نشان می‌دهد که VNF خاص باید در آن مکان خاص مستقر شود، در حالی که ورود-۱ نشان می‌دهد که نمونه VNF خاص را نمی-توان در آن سایت نصب کرد. عدد صفر در جدول وضعیت "اهمیت نمی‌دهد" را نشان می‌دهد. ماتریس ترافیکی مبتنی بر نمودار سرویس شکل ۶ در جدول ۲ ارائه شده است. اتصال ترافیک در حین قرار دادن VNFدر رویکرد "تخصیص مبتنی بر وابستگی مورد بررسی قرار می-گیرد. لازم به ذکر است که محدودیت‌های مکان‌یابی و محدودیت‌های میل ترافیک برای همه افراد تحت بررسی قابل اجرا می‌باشد[5].

جدول ۱: محدودیت‌های مکان‌یابی VNF برای SFC5

Number of VNFs	Core Site	Edge Site
1	1	-1
2	0	0
3	0	0
4	-1	1
5	0	0

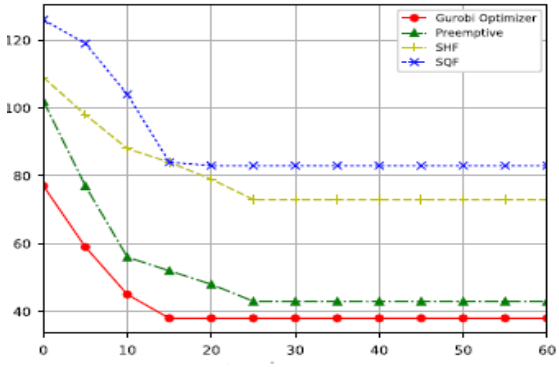
جدول ۲: تابع‌هایی از دنباله‌های داده بین VNF

VNFs	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0.3
3	0.2	0	0	0	0
4	0	0.2	0.3	0	0.5
5	0.8	0	0	0	0

هنگام اختصاص یک جریان کاربر خاص به ابر، ابتدا اطمینان حاصل می‌شود که ابر دارای موارد کافی از VNFهای مورد نیاز نصب شده است. رویکرد تخصیص مبتنی بر وابستگی (ABA) ارتباط بین VNFها را در حالی که VNF ها را در ابرها قرار می‌دهد، در نظر می‌گیرد[5].

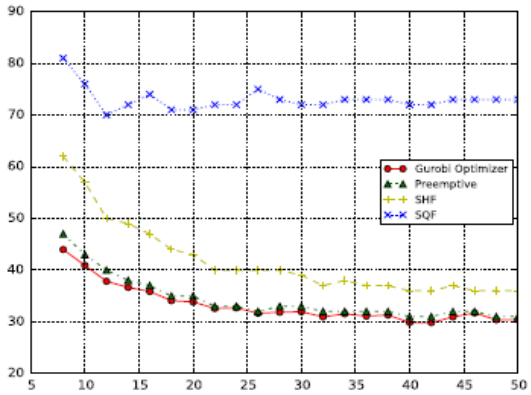
ارزیابی و تحلیل

برای ارزیابی الگوریتم پیشگیرانه پیشنهاد شده برای نگاشت و زمانبندی زنجیره سرویس چندگانه در VNF، شبیه‌سازی وسیعی توسط تغییر سایز بافر گره‌ها، تعداد نودها، نیازمندی بافر تابع‌ها، پوشش فانکشن‌ها بر گره‌ها و تعدادی از تابع‌ها در زنجیره سرویس انجام شده است[7].
در ابتدا سایز بافر گره تغییر داده شده است که نتیجه در شکل نشان داده شده است.



شکل ۷: زمان نهایی در هنگام تغییر سایز بافر نود[7]

همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش سایز بافر گره ابتدا زمان اجرای کل از هر سه الگوریتم کاهش می‌یابد و سپس همگرا می‌شود. سپس تعداد گره‌ها از ۵ به ۲۵ تغییر داده شده است و سپس نتیجه در شکل نشان داده شده است.



شکل ۸: زمان نهایی در هنگام تغییر تعداد بافر نود[7]

در این بخش به تجزیه و تحلیل عملکرد شیوه‌های اکتشافی مبتنی بر اتصال (ABA) در برابر رویکرد حریصانه ساده با استفاده از روش کاهش زمان (FFD) پرداخته شده است. نتایج آن‌ها با نتایج راه‌حل مبتنی بر ILP مقایسه شده است. علاوه بر این، نتایج رویکرد حریصانه (FFD) با رویکرد وابستگی (ABA) مقایسه شده است. با توجه به پیچیدگی‌های محاسباتی، به نظر می‌رسد ILP برای مشکلات با نمونه‌های کوچکتر مناسب است. با این حال، نشان داده شده است که با روش اکتشافی ABA پیشنهادی، مجموعه بزرگتری از مشکلات را می‌توان با کمی سازش در کیفیت راه‌حل، حل کرد. با کم‌وکاستی از کیفیت، می‌توانیم کاربردهای بیشتری از ILP را به خصوص برای شبکه‌های بزرگتر و راه حل‌های سریعتر بدست آوریم[5].
مشاهده می‌شود که رویکرد ترکیبی پیشنهادی نسبت به رویکرد حریصانه نسبت به هزینه کلی بهتر عمل می‌کند.

نتیجه‌گیری

جایگذاری عملکردها و زمان‌بندی اخیرا یک موضوع مهم در NFV است. در مقاله مطالعه شده است که چطور می‌توان زمان اجرای کل در کل سیستم را از طریق نگاشت و زمان‌بندی پیشگیرانه تابع‌ها در مدلی از ILP و یک اگوریتم پیشگیرانه آنلاین با پیچیدگی محاسباتی پایین پیشنهاد شده کاهش داد[7].
روش ILP به دلیل پیچیدگی محاسباتی آن در کل یک روش مقیاس پذیر نیست و روش اکتشافی ABA یا تخصیص مبتنی بر پایه وابستگی پیشنهاد شده است که برای حل مساله‌های در مقیاس بزرگ دارای زمان محاسباتی کمتری و مصالحه کوچک برای کیفیت سرویس ارائه می‌دهد [52].
مارسلو و همکاران در سال (۲۰۱۶) برای بهره‌وری بهتر از منابع شبکه، مسئله مشترک از جایگذاری VNF و انتخاب مسیر را پیشنهاد می-کنند[12].
مشاهده شده است که به دلیل پیچیدگی محاسباتی، مدل ILP دارای محدودیت کاربردی، به ویژه برای موارد با تعداد کمی از گره‌های کاربر

است. با غلبه بر این محدودیت، یک رویکرد مبتنی بر وابستگی پیشنهاد شده است. نتایج برای هر دو شیوه اکتشافی نشان می‌دهد و مشاهده شده است که کیفیت راه‌حل با استفاده از رویکرد مبتنی بر وابستگی با تنها یک افزایش حاشیه‌ای در زمان اجرا در مقایسه با رویکرد حریصانه FFD، بهبود یافته است[6].

مراجع

[1] A. Gupta, B. Jaumard, M. Tornatore, B. Mukherjee, Multiple service chain placement and routing in a network-enabled cloud, 2016, arXiv preprint arXiv: 1611.03197.

[2] A. Luigi, A. Iera, G. Morabito, “The internet of things: A survey,” Computer networks, 2010, pp.2787-280

[3] A. Marotta, A. Kassler, A Power Efficient and Robust Virtual Network Functions Placement Problem, in: Proc. of the 28th International Teletraffic Congress (ITC28), W¨urzburg, Germany, Sept. 2016.

[4] C. Lin, P. Liu, J. Wu, "Energy-efficient virtual machine provision algorithms for cloud systems,” Fourth IEEE International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC), 2011.

[5] Deval Bhamare , Mohammed Samaka , Aiman Erbad , Raj Jain , Lav Gupta , H. Anthony Chan , Optimal Virtual Network Function Placement in MultiCloud Service Function Chaining Architecture, Computer Communications (2017), doi: 10.1016/j.comcom.2017.02.011

[6] E. Cronin, S. Jamin, J. Cheng, A. Kurc, D. Raz, Y. Shavitt, “Constrained mirror placement on the Internet,” IEEE Journal on Selected Areas in Communications archive, Vol.20 no. 7, September 2006, pp. 1369-1382.

[7] H. Yao, et al., Joint optimization of function mapping and preemptive scheduling for service chains in network function virtualization, Future Generation Computer Systems (2018), https://doi.org/10.1016/j.future.2017.12.021.

[8] K. Mills, J. Filliben, C. Dabrowski, “Comparing vm-placement algorithms for on-demand clouds,” IEEE Third International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), Nov. 2011, pp.91-98.

[9] K. Su, L. Xu, C. Chen, W. Chen, Z. Wang, "Affinity and Conflict-Aware Placement of Virtual Machines in Heterogeneous Data Centers," IEEE 12th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS), 25-27 March 2015, pp.

[10] M. Luizelli, L. Bays, L. Buriol, M. Barcellos, L. Gaspary, “Piecing together the NFV provisioning puzzle: Efficient placement and chaining of virtual network functions,” IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM), 2015.

[11] M. Steiner, B. G. Gaglianello, V. Gurbani, V. Hilt, W. D. Roome, M. Scharf, T. Voith, “Network-aware service placement in a distributed cloud environment,” ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2012, pp. 73-74

[12] Marcelo Caggiani Luizelli, Weverton Luis da Costa Cordeiro, Luciana S. Buriol, Luciano Paschoal Gaspary, A Fix-and-Optimize Approach for Efficient and Large Scale Virtual Network Function Placement and Chaining, Computer Communications (2016), doi: 10.1016/j.comcom.2016.11.002

[13] P. Quinn et al., “Network Service Header,” Internet-Draft, draft-ietf-sfcnsh-01.txt, IETF, July 2015, p.43

[14] P. Quinn et al., “Network Service Header,” Internet-Draft, draft-ietf-sfcnsh-01.txt, IETF, July 2015, p.43.

[15] R. Cohen, L. Lewin-Eytan, J.S. Naor, D. Raz, Near optimal placement of virtual network functions, in: 2015 IEEE Conference on Computer Communications INFOCOM), IEEE, 2015, pp. 1346–1354.

[16] R. Kanagavelu, et al. “Virtual machine placement with two-path traffic routing for reduced congestion in data center networks,” Computer Communications 53, 2014, pp.1-12.

[17] R. Mijumbi, J. Serrat, J.-L. Gorricho, N. Bouten, F. De Turck, R. Boutaba, Network function virtualization:State-of-the-art and research challenges, IEEE Commun. Surv. Tutor. 18 (1) (2016) 236–262.

[18] R. Mijumbi, Placement and scheduling of functions in network function virtualization, 2015, arXiv preprint arXiv:1512.00217.

[19] S. Mehraghdam, M. Keller, H. Karl, “Specifying and Placing Chains of Virtual Network Functions,” IEEE 3rd International Conference on Cloud Networking (CloudNet), 2014.

[20] X. Wang, J. Zhu, Y. Shen, "Network-Aware QoS Prediction for Service Composition Using Geolocation," in IEEE Transactions on Services Computing, vol. 8, no. 4, July-Aug. 2015, pp. 630-643