



دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پیشنهاد پروژه کارشناسی ارشد

شبکه‌های کامپیوتری

عنوان پایان نامه-دستورالعمل و راهنمای نگارش پایان نامه

نگارش

پرهام الوانی

استاد راهنما

بهادر بخشی

فروردین ۱۳۹۷

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۴	۲ تعریف مساله
۵	۱-۲ مساله
۶	۲-۲ فرمول‌بندی
۸	۳ کارهای مرتبط
۱۱	۴ راه‌حل پیشنهادی
۱۳	منابع و مراجع
۱۴	واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی

فهرست اشکال

صفحه

شکل

۱-۱ معماری مجازی سازی کارکردهای شبکه [۹] ۲

فهرست جداول

صفحه

جدول

فصل اول

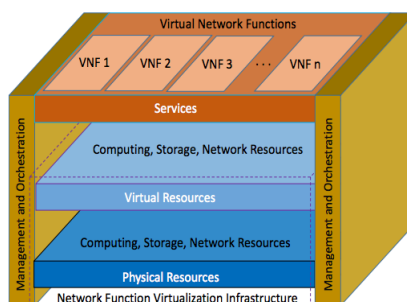
مقدمه

بیشتر سرویس‌های شبکه بر روی سخت افزارهای اختصاصی به نام middle box ساخته می‌شوند. تنوع و تعداد رو به افزایش سرویس‌های جدیدی که توسط کاربران تقاضا می‌گردد باعث هزینه‌های زیاد برای خرید و نگهداری middle boxها توسط اپراتورها شده است. به تازگی فراهم آوردن شبکه شروع به حرکت به سوی مجازی‌سازی و نرم‌افزاری کردن بسترهای شبکه کرده‌اند، به این ترتیب آن‌ها قادر خواهند بود سرویس‌های نوآورانه‌ای به کاربران ارائه بدهند.

مجازی‌سازی توابع شبکه راهکاری است که برای همین منظور پیشنهاد شده است. مجازی‌سازی توابع شبکه در واقع راه‌حل‌های مشخصی را برای چالش‌های جای‌گذاری، زنجیره‌سازی و هماهنگی سرویس‌های شبکه فراهم می‌آورد. ایده اصلی مجازی‌سازی توابع شبکه جداسازی تجهیزات فیزیکی شبکه از کارکردهایی می‌باشد که بر روی آن‌ها اجرا می‌شوند. به این معنی که یک کارکرد شبکه مانند دیوار آتش می‌تواند بر روی یک TSP به عنوان یک نرم‌افزار ساده فرستاده شود. با این روش یک سرویس می‌تواند به مجموعه‌ای از کارکردهای مجازی شبکه‌ای که می‌توانند به صورت نرم‌افزاری پیاده‌سازی شده و روی یک یا تعداد سرور استاندارد فیزیکی اجرا شوند، شکسته شود. کارکردهای مجازی شبکه‌ای می‌توانند در مکان‌های مختلف بازماندنی یا نمونه‌سازی شوند بدون آنکه نیاز به خریداری و نصب تجهیز جدیدی باشد. [۹]

۱-۱ معماری NFV

با توجه به استاندارد ETSI معماری NFV از سه عنصر کلیدی تشکیل شده است. زیرساخت مجازی‌سازی کارکردهای شبکه، کارکردهای مجازی شبکه‌ای و NFV MANO. این اجزا در شکل ۱-۱ نمایش داده شده‌اند.



شکل ۱-۱: معماری مجازی‌سازی کارکردهای شبکه [۹]

۱-۱-۱ زیرساخت مجازی‌سازی کارکردهای شبکه

زیرساخت مجازی‌سازی کارکردهای شبکه ترکیبی از منابع نرم‌افزاری و سخت‌افزاری می‌باشد که محیطی برای نصب کارکردهای مجازی شبکه فراهم می‌آورد.

منابع سخت‌افزاری شامل سخت‌افزارهای محاسباتی بدون اختصاصی‌سازی، ذخیره‌سازها و شبکه (شامل لینک‌ها و گره‌ها) می‌باشند که پردازش، ذخیره‌سازی و ارتباط را برای کارکردهای مجازی شبکه فراهم می‌آورند. منابع مجازی انتزاعی از منابع شبکه‌ای، پردازشی و ذخیره‌سازی هستند. این انتزاع از طریق لایه‌ی مجازی‌سازی (بر پایه‌ی hypervisor) ایجاد می‌شود، که منابع مجازی را از منابع فیزیکی جدا می‌کند.

در مراکز داده‌ای ممکن است منابع پردازشی و ذخیره‌سازی تحت عنوان یک یا چند ماشین مجازی نمایش داده شوند در حالی که شبکه‌های مجازی از لینک‌ها و گره‌های مجازی تشکیل می‌شوند. یک گره مجازی یک جز نرم‌افزاری با قابلیت مسیریابی یا میزبانی

می‌باشد.

۲-۱-۱ کارکردهای مجازی شبکه‌ای

یک کارکرد شبکه، یک بلوک عملیاتی در زیرساخت شبکه است که عملکرد رفتاری و رابط‌های ارتباطی با خارج خوش تعریف دارد. مثال‌هایی از کارکردهای شبکه می‌تواند شامل DHCP یا firewall و ... باشد. با این توضیحات کارکرد مجازی شبکه، پیاده‌سازی یک کارکرد شبکه می‌باشد که می‌تواند روی منابع مجازی مانند ماشین مجازی اجرا شود.

۳-۱-۱ NFV MANO

بر اساس چهارچوب پیشنهادی ETSI وظیفه‌ی NFV MANO فراهم آوردن کارکردهای لازم برای تدارک و فرآیندهای مشابه مانند تنظیم کردن و ... کارکردهای مجازی شبکه می‌باشد. NFV MANO شامل هماهنگ کننده و مدیریت کننده چرخه‌ی زندگی منابع سخت‌افزاری و نرم‌افزاری که مجازی‌سازی زیرساخت را پشتیبانی می‌کنند، می‌باشد.

فصل دوم

تعریف مساله

۱-۲ مساله

پذیرفتن بیشترین تقاضای زنجیره کارکرد سرویس با در نظر گرفتن نیاز هر نمونه کارکرد مجازی شبکه به یک VNFM. همانطور که در مستند [۱] نیز آمده است، نیاز است که هر یک نمونه‌های کارکردهای مجازی شبکه توسط حداقل یک NNFM مدیریت شوند. در این مساله قصد داریم مساله پذیرش تقاضاهای زنجیره‌های کارکرد سرویس را با نظر گرفتن این نیازمندی در کنار نیازمندی‌های پردازشی و پهنای‌بند هر یک از تقاضاها حل کنیم. در ادامه به صورت تیتروار شرایط مساله را بررسی می‌کنیم:

- توپولوژی زیرساخت شامل پهنای باند لینک‌ها و ظرفیت NFVI-PoPها موجود است.
- n تقاضای زنجیره کارکرد سرویس به صورت کامل و از پیش مشخص شده داریم.
- هر تقاضا شامل نوع و تعداد نمونه‌های مجازی و پهنای باند لینک‌های مجازی می‌باشد.
- F نوع کارکرد مجازی شبکه تعریف شده است که هر یک مقدار مشخصی از حافظه را مصرف می‌کنند.
- تعداد پردازنده‌هایی که به هر نمونه تخصیص می‌یابد با توجه به ترافیک ورودی نمونه مشخص می‌شود.
- نمونه‌ها بین زنجیره‌ها به اشتراک گذاشته نمی‌شوند.
- محدودیت ظرفیت لینک‌ها
- محدودیت توان پردازش سرورهای فیزیکی با توجه به میزان حافظه و تعداد پردازنده‌ها
- برای مدیریت یکدست و آسان‌تر زنجیره‌ها و در عین حال جمع‌آوری راحت‌تر خطاها، برای هر زنجیره یک VNFM تخصیص می‌دهیم.
- VNFMها می‌توانند بین زنجیره به اشتراک گذاشته شوند.
- هر نمونه از VNFMها می‌تواند تعداد مشخصی از نمونه‌های کارکرد مجازی شبکه را سرویس دهد.
- برای ارتباط میان هر نمونه از VNFMها و VNFها پهنای باند مشخصی رزرو می‌گردد.
- بر روی هر NFVI-PoP حداکثر یک نمونه VNFM مستقر می‌گردد.

استفاده از VNFM در این ادبیات موضوعی بسیار جدید می‌باشد و برای اولین بار می‌باشد که جایگذاری VNFM در کنار جایگذاری زنجیره‌های کارکرد سرویس مدنظر قرار داده می‌شود. اگر جایگذاری VNFMها به صورت غیر برنامه‌ریزی شده صورت بپذیرد ممکن است به تاخیرهای غیرقابل تحمل منجر شده و به این ترتیب تاثیر منفی بر روی کارایی سیستم داشته باشد. یکی از وظایف VNFMها جمع‌آوری پیام‌های خطا می‌باشد، برای این امر نیاز است که پهنای باند کوچک اما اختصاصی به VNFMها تخصیص داده شود بنابراین نمی‌توان جایگذاری آن‌ها را با روش‌های سابق و مانند سایر کارکردهای مجازی شبکه فرض کرد.

۲-۲ فرمول بندی

x_h	binary variable assuming the value 1 if the h th SFC request is accepted; otherwise its value is zero
y_{wk}	the number of VNF instances of type k that are used in server $w \in V_s^{PN}$
z_{vw}^k	binary variable assuming the value 1 if the VNF node $v \in \cup_{i=1}^T V_{i,F}^{SFC}$ is served by the VNF instance of type k in the server $w \in V_s^{PN}$
\bar{y}_w	binary variable assuming the value 1 if VNFM on server $w \in V_s^{PN}$ is used; otherwise its value is zero
\bar{z}_{hw}	binary variable assuming the value 1 if h th SFC is assigned to VNFM on server $w \in V_s^{PN}$

محدودیت حافظه نودها

$$\sum_{k=1}^F y_{wk} \text{memory}(k) + \bar{y}_w \text{memory} \leq N_{ram}^{PN}(w) \quad \forall w \in V_s^{PN} \quad (2-1)$$

محدودیت تعداد پردازنده‌های نودها

$$\sum_{k=1}^F y_{wk} \text{core}(k) + \bar{y}_w \text{core} \leq N_{core}^{PN}(w) \quad \forall w \in V_s^{PN} \quad (2-2)$$

اگر VNF، v توسط VNF instance نوع k روی سرور w سرویس شود می‌بایست VNF instance نوع k روی سرور w فعال شود. اشتراک گذاری VNF ها پشتیبانی نمی‌گردد.

$$\sum_{v \in \cup_{i=1}^T V_{i,F}^{SFC}} z_{vw}^k \leq y_{wk} \quad \forall w \in V_s^{PN}, \forall k \in [1, \dots, F] \quad (2-3)$$

اگر تقاضای h ام پذیرفته شده باشد می‌بایست تمام VNF node های آن سرویس شده باشند. یک VNF حداکثر یکبار سرویس داده شود.

$$x_h = \sum_{k=1}^F \sum_{w \in V_s^{PN}} z_{vw}^k \quad \forall v \in V_{h,F}^{SFC}, \forall h \in [1, \dots, T] \quad (2-4)$$

اگر تقاضای h ام پذیرفته شده باشد می‌بایست توسط یک VNFM سرویس شده باشد.

$$x_h = \sum_{w \in V_s^{PN}} \bar{z}_{hw} \quad \forall h \in [1, \dots, T] \quad (2-5)$$

اگر SFC، i توسط VNFM روی سرور w سرویس شود می‌بایست VNFM روی سرور w فعال شود.

$$\bar{z}_{hw} \leq \bar{y}_w \quad \forall w \in V_s^{PN}, \forall h \in [1, \dots, T] \quad (2-6)$$

محدودیت ظرفیت سرویس دهی VNFM

$$\sum_{i=1}^T z_{iw} \leq capacity \quad \forall w \in V_s^{PN} \quad (2-7)$$

$\tau_{ij}^{(u,v)}$	binary variable assuming the value 1 if the virtual link (u, v) is routed on the physical network link (i, j)
$\bar{\tau}_{ij}^v$	binary variable assuming the value 1 if the managemnt of VNF node v is routed on the physical network link (i, j)

Flow Conservation

$$\sum_{(i,j) \in E^{PN}} \tau_{ij}^{(u,v)} - \sum_{(j,i) \in E^{PN}} \tau_{ji}^{(u,v)} = \sum_{k=1}^F z_{ui}^k - \sum_{k=1}^F z_{vi}^k$$

$$\forall i \in V_S^{PN}, (u, v) \in E_h^{SFC}, h \in [1, \dots, T] \quad (2-8)$$

$$\sum_{(i,j) \in E^{PN}} \bar{\tau}_{ij}^v - \sum_{(j,i) \in E^{PN}} \bar{\tau}_{ji}^v = \sum_{k=1}^F z_{vi}^k - \bar{z}_{hi}$$

$$\forall i \in V_S^{PN}, v \in V_{h,F}^{SFC}, h \in [1, \dots, T] \quad (2-9)$$

محدودیت ظرفیت لینکها

$$\sum_{v \in \cup_{i=1}^T V_{i,F}^{SFC}} \bar{\tau}_{ij}^v * bandwidth + \sum_{(u,v) \in \cup_{i=1}^T E_i^{SFC}} \tau_{ij}^{(u,v)} * bandwidth(u, v) \leq C_{ij} \quad (2-10)$$

فصل سوم

کارهای مرتبط

در [۳] نویسندگان قصد دارند با در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت لینک‌ها و محدودیت پردازشی نودها بیشترین تعداد زنجیره‌ی کارکرد را بپذیرند. برای این کار یک مساله‌ی ILP طراحی می‌کنند و ثابت می‌کنند که این مساله NP-Hard می‌باشد. در این مقاله وجود VNFM برای زنجیره‌ها در نظر گرفته نشده است.

در [۱] نویسندگان استفاده از VNFM را مدنظر قرار داده‌اند. در این مقاله فرض شده است که جایگذاری SFCها صورت گرفته است و می‌خواهیم VNFMها را به گونه‌ای استقرار دهیم که با رعایت شدن نیازمندی‌های کارایی، هزینه‌ی عملیاتی سیستم حداقل شود. مساله مطرح شده به صورت ILP مدلسازی می‌شود. این مقاله هزینه‌ی عملیاتی سیستم را تحت چهار عنوان دسته‌بندی می‌کند: هزینه‌ی مدیریت چرخه‌ی زندگی، هزینه‌ی منابع محاسباتی، هزینه‌ی مهاجرت و هزینه‌ی بازنگاشت. در این مقاله فرض می‌شود که هر نمونه از VNFMها می‌تواند به تعداد مشخصی از نمونه‌های VNF سرویس‌دهی کند و این سرویس‌دهی به نوع نمونه وابسته نیست. این مقاله محدودیت‌های پردازشی و ظرفیتی را مدنظر قرار می‌دهد.

در [۵] نویسندگان سه مرحله برای عملیات جایگذاری زنجیره‌های کارکرد سرویس معرفی می‌کنند:

- انتخاب
- جایگذاری
- مسیریابی

در این مقاله فرض می‌شود برای هر نوع VNF چند مدل مختلف با مصرف منابع مختلف وجود دارند که می‌توان از آن‌ها نمونه ساخت، در این مرحله مشخص می‌شود از کدام مدل نمونه‌سازی صورت می‌گیرد. این مقاله جایگذاری یک SFC را مدل‌سازی می‌کند، در این مقاله فرض می‌شود جریان ورودی و خروجی از هر نمونه برابر بوده و در واقع VNF تغییری بر روی ترافیک ایجاد نمی‌کند. در مدل‌سازی این مقاله که به صورت ILP می‌باشد هدف کاهش هزینه در جایگذاری SFC داده شده می‌باشد. با در نظر گرفتن مدل‌های مختلف برای VNFها در این مقاله در صورتی که نیاز به پردازش ترافیک زیادی باشد، چند نمونه از یک نوع VNF ساخته می‌شود و ترافیک بین آن‌ها تقسیم می‌شود.

در [۱۰] نویسندگان برای اولین بار مساله‌ی Traffic Streering با در نظر گرفتن QoS و Reliability فرمول‌بندی کرده‌اند. این مقاله کاربرد NFV را در شبکه‌های موبایل مدنظر قرار داده است. در این مقاله مساله به صورت Link-Path مدل‌سازی شده است و فرض شده است که مسیرهای ممکن برای جایگذاری کلاس‌های ترافیکی از پیش تعیین شده‌اند. در این مقاله منظور از کیفیت سرویس تاخیر و گذردهی کلاس‌های ترافیکی می‌باشد و برای فراهم آوردن قابلیت اطمینان فرض می‌شود که خرابی‌ها به صورت دلخواه بوده و در صورت خرابی بخشی از پهنای باند از دست می‌رود.

در [۶] نویسندگان مساله‌ی جایگذاری و مسیریابی زنجیره‌های کارکرد سرویس را به صورت توأمان مدل‌سازی می‌کنند، در این مساله نویسندگان تاثیر دو پارامتر Coordination Effect و Traffic-Change Effect را نیز مدنظر قرار داده‌اند. زمانی که چند VM در پیاده‌سازی یک کارکرد شبکه استفاده می‌شوند نیاز است که بین این ماشین‌های مجازی هماهنگی صورت بگیرد. برای این هماهنگی ارتباطاتی صورت می‌گیرد که دارای سربار بوده و به این سربار Coordination Effect می‌گویند. هر کارکرد شبکه می‌تواند روی ترافیک ورودی خود تاثیر گذاشته و نرخ آن را تغییر دهد که این موضوع را با Traffic-Change Effect بیان می‌کنند.

در [۲] نویسندگان قصد دارند به صورت قطعی کیفیت سرویس را گارانتی نمایند. این مقاله پیاده‌سازی NFV را با استفاده از SDN هدف قرار می‌دهد و برای محاسبه‌ی تاخیر، تاخیر پیام‌های کنترلی SDN و تاخیر جابجایی بسته‌ها را در نظر می‌گیرد. برای پیشنهاد یک راه‌حل قطعی از Network Calculus استفاده می‌شود که شرایط مرزی را بررسی می‌کند. این شرایط مرزی برای پیام‌های کنترلی

محاسبه شده و از آن تاخیر مورد نظر در جابجایی بسته‌ها بدست می‌آید که با استفاده از آن یک مسالهی بهینه‌سازی با هدف رعایت تاخیر بدست آمده حاصل می‌شود.

در [۸] نویسندگان پیاده‌سازی NFV با SDN را هدف قرار داده‌اند و جایگذاری middle boxها با هدف توزیع بار را فرمول‌بندی کرده‌اند. در واقع middle boxها در این مقاله به صورت مجازی بوده و همان کارکردهای مجازی شبکه می‌باشند. مدل‌سازی صورت گرفته به صورت node link صورت پذیرفته است. هدف مسالهی مسیریابی چند مسیره برای تقاضا به صورتی است که در آن link load ratio برای تمام لینک‌ها می‌نیم شود. این مقاله تغییر ترافیک توسط کارکردها را نیز مدنظر قرار داده است.

در [۷] مسالهی جایگذاری زنجیره‌های کاکرد سرویس با دو هدف کاهش مصرف انرژی و افزایش نرخ جریان پذیرفته شده مدل‌سازی می‌شود. این مدل‌سازی با توجه به معماری IETF SFC صورت پذیرفته است. در مدل‌سازی این مقاله جزئیات زیادی مورد توجه قرار گرفته است که این امر باعث پیچیده شدن فرمول‌بندی شده است.

در [۴] نویسندگان ابتدا مسالهی جایگذاری و مسیریابی VNFها را در اوج ترافیک حل می‌کنند. در ادامه آن‌ها فرض می‌کنند که ترافیک به صورت دوره‌ای-ثابت می‌باشد به این معنا که ترافیک در تعداد متنوعی بازه‌ی زمانی تعریف شده و تکرار می‌شود. با این فرض در ادامه مقاله مسالهی دیگری مبنی بر مهاجرت نمونه‌ها با توجه به تغییر ترافیک را مطرح می‌کند. در این مهاجرت‌ها مقاله از توان مصرفی در مهاجرت صرف نظر کرده و تلاش می‌کند پهنای باند بابت قطعی سرویس پرداخت می‌شود و توان مصرفی کل سیستم را بهینه کند.

فصل چهارم

راه حل پیشنهادی

مساله‌ی بیان شده به صورت ILP مدل سازی می شود، از آنجایی که حل مساله‌ی ILP نمایی می باشد نیاز است که یک راه حل مکاشفه‌ای با زمان چند جمله‌ای پیشنهاد شود. این راه حل بهینه نبوده و به همین علت کارآیی آن در سناریوهایی با مدل سازی بهینه مقایسه می شود.

یکی از راه حل های ساده مرتب کردن تمام تقاضاها براساس منابع مصرفی (پهنای باند و منابع پردازشی) و در ادامه جایگذاری آنها از تقاضای با کمترین منابع مصرفی به تقاضای با بیشترین منابع مصرفی می باشد.

منابع و مراجع

- [1] Abu-Lebdeh, Mohammad, Naboulsi, Diala, Glitho, Roch, and Tchouati, Constant Wette. On the placement of VNF managers in large-scale and distributed NFV systems. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 14(4):875–889, dec 2017.
- [2] Chen, Yu-Jia, Wang, Li-Chun, Lin, Feng-Yi, and Lin, Bao-Shuh Paul. Deterministic quality of service guarantee for dynamic service chaining in software defined networking. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 14(4):991–1002, dec 2017.
- [3] Eramo, V., Tosti, A., and Miucci, E. Server resource dimensioning and routing of service function chain in NFV network architectures. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2016:1–12, 2016.
- [4] Eramo, Vincenzo, Miucci, Emanuele, Ammar, Mostafa, and Lavacca, Francesco Giacinto. An approach for service function chain routing and virtual function network instance migration in network function virtualization architectures. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 25(4):2008–2025, aug 2017.
- [5] Ghaznavi, Milad, Shahriar, Nashid, Kamali, Shahin, Ahmed, Reaz, and Boutaba, Raouf. Distributed service function chaining. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 35(11):2479–2489, nov 2017.
- [6] Huang, Huawei, Li, Peng, Guo, Song, Liang, Weifa, and Wang, Kun. Near-optimal deployment of service chains by exploiting correlations between network functions. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, pages 1–1, 2017.
- [7] Jang, Insun, Suh, Dongeun, Pack, Sangheon, and Dan, Gyorgy. Joint optimization of service function placement and flow distribution for service function chaining. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 35(11):2532–2541, nov 2017.
- [8] Ma, Wenrui, Beltran, Jonathan, Pan, Zhenglin, Pan, Deng, and Pissinou, Niki. SDN-based traffic aware placement of NFV middleboxes. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 14(3):528–542, sep 2017.
- [9] Mijumbi, Rashid, Serrat, Joan, Gorricho, Juan-Luis, Bouten, Niels, Turck, Filip De, and Boutaba, Raouf. Network function virtualization: State-of-the-art and research challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(1):236–262, 2016.
- [10] Yu, Ruozhou, Xue, Guoliang, and Zhang, Xiang. QoS-aware and reliable traffic steering for service function chaining in mobile networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 35(11):2522–2531, nov 2017.

واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی

Network Provider	فراهم‌آورنده‌ی شبکه	آ
ک		ب
Virtual Network Function	کارکردهای مجازی شبکه‌ای	پ
گی		ت
م		ث
Network Function	مجازی‌سازی کارکردهای شبکه	ج
Virtualization		چ
ن		ح
و		خ
ه		د
ی		ر
		ز
		س
		ص
		ض
		ط
		ظ
		ع
		ف



Amirkabir University of Technology
(Tehran Polytechnic)

**Department of Computer Engineering & Information
Technology**

MSc Thesis

Title of Thesis

By

Parham Alvani

Supervisor

Dr. Bahador Bakhshi

April 2018