

زنجیره‌سازی کارکردهای مجازی سرویس شبکه با لحاظ محدودیت منابع مدیریتی

مهندسی فناوری اطلاعات - شبکه‌های کامپیوتری

پرهام الوانی

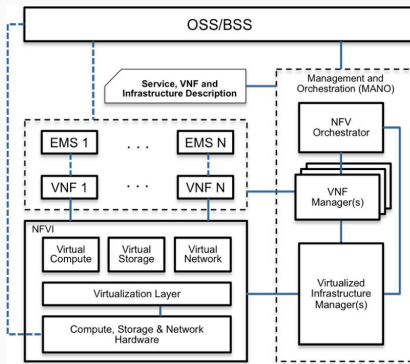
بهار ۱۳۹۷

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

دکتر بهادر بخشی

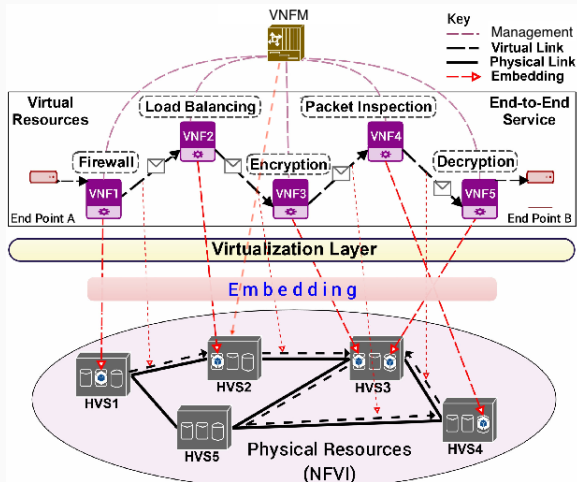
- ◀ مقدمه
- ◀ چالش‌ها
- ◀ سابقه‌ی کارها
- ◀ تعریف مساله
- ◀ چالش‌ها و نوآوری‌های مساله
- ◀ معیار و نحوه‌ی ارزیابی
- ◀ مراجع

- ◀ عدم انعطاف‌پذیری معماری فعلی شبکه
- ◀ در مجازی‌سازی کارکرد شبکه با استفاده از مجازی‌سازی منابع، می‌توان کارکردها را بر روی سرورهای استاندارد اجرا کرد و بهره‌وری منابع و هزینه‌های انرژی را کاهش داد.
- ◀ زنجیره‌سازی کارکرد سرویس نیز امکان ایجاد زنجیره‌ای از کارکردها را به صورت پویا فراهم می‌کند.



شکل ۱: معماری سطح بالای مجازی سازی کارکردهای شبکه

- ◀ NFVO وظیفه‌ی استقرار زنجیره‌های کارکرد سرویس را برعهده دارد.
- ◀ هر نمونه از کارکردهای مجازی شبکه نیاز دارد تحت مدیریت یکی از VNFMهای موجود در شبکه باشد.



- ◀ مدیریت و هماهنگی
- ◀ مصرف بهینه‌ی انرژی
- ◀ تخصیص منابع
- ◀ مسیریابی
- ◀ پذیرش زنجیره‌های
- ◀ کارکرد سرویس

جدول ۱: مقایسه مقالات پذیرش زنجیره‌های کارکرد سرویس

منبع	منابع تخصیص یافته	محدودیت ظرفیت پردازشی نمونه	برخط یا برون خط	نگاشت کارکرد و لینک	انتساب کارکرد	اشتراک نمونه	تخصیص VNFM									
#	other	MEM	BW	CPU	دارد	ندارد	برخط	برون خط	کارکرد	لینک	یک نمونه	چند نمونه	دارد	ندارد	دارد	ندارد
[۱]	—	—	✓	✓	—	✓	—	✓	✓	✓	✓	—	—	✓	—	✓
[۲]	—	—	✓	✓	✓	—	—	✓	✓	✓	—	✓	—	✓	—	✓
[۳]	—	—	✓	✓	✓	—	—	✓	✓	✓	—	✓	—	✓	—	✓
[۴]	—VNFM capacity	—	—	—	—	✓	—	—	✓	✓	—	—	—	✓	—	—
پژوهش حاضر	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	✓	✓	✓	✓	—	✓

هدف کاهش هزینه‌ی عملیاتی در حالی که تاخیرهای ارتباطی و محدودیت‌های ظرفیت رعایت می‌شوند. در این مقاله فرض می‌شود جایگذاری کارکردهای مجازی شبکه صورت پذیرفته است.^۱

پذیرفتن بیشترین تقاضای زنجیره کارکرد سرویس با در نظر گرفتن نیاز هر نمونه کارکرد مجازی شبکه به یک VNFM.

- ◀ توپولوژی زیرساخت شامل پنه‌ای 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 پنه‌ای باند لینک‌های مجازی می‌باشد.
- ◀ تعداد پردازنده‌هایی که به هر نمونه تخصیص می‌یابد با توجه به ترافیک ورودی نمونه مشخص می‌شود.
- ◀ محدودیت ظرفیت لینک‌ها
- ◀ محدودیت توان پردازش سرورهای فیزیکی با توجه به میزان حافظه و تعداد پردازنده‌ها

- ◀ برای مدیریت یکدست و آسان تر زنجیره ها و در عین حال جمع آوری راحت تر خطاها، برای هر زنجیره یک VNFМ تخصیص می دهیم.
- ◀ VNFМ ها می توانند بین زنجیره به اشتراک گذاشته شوند.
- ◀ هر نمونه از VNFМ ها می تواند تعداد مشخصی از نمونه های کارکرد مجازی شبکه را سرویس دهد.
- ◀ برای ارتباط میان هر نمونه از VNFМ ها و VNF ها پهنای باند مشخصی رزرو می گردد.
- ◀ بر روی هر NFVI-PoP حداکثر یک نمونه VNFМ مستقر می گردد.

- ◀ در نظر گرفتن نیازمندی هر نمونه کارکرد مجازی به یک VNF
- ◀ در نظر گرفتن نیازمندی تاخیر برای لینک‌های مدیریتی
- ◀ تخصیص منابع مدیریتی به زنجیره‌ها و مسیریابی ارتباط مدیریتی
- ◀ جایگذاری و مسیریابی توامان زنجیره‌های کارکرد سرویس

- ◀ مدل‌سازی مساله
- ◀ حل مساله‌ی بهینه در ابعاد کوچک
- ◀ پیاده‌سازی راه‌حل مکاشفه‌ای
- ◀ معیار مقایسه این راه حل نرخ پذیرش تقاضاهای زنجیره‌های کارکرد سرویس می‌باشد.
- ◀ مقایسه‌ی نتایج راه‌حل مکاشفه‌ای با جواب بهینه
- ◀ مقایسه با کارهای مرتبط که نیازمندی‌های مدیریتی را مدنظر قرار نداده‌اند

-  V. Eramo, A. Tosti, and E. Miucci. “Server Resource Dimensioning and Routing of Service Function Chain in NFV Network Architectures”. In: *Journal of Electrical and Computer Engineering* 2016 (2016), pp. 1–12. DOI: 10.1155/2016/7139852. URL: <https://doi.org/10.1155/2016/7139852>.
-  Milad Ghaznavi et al. “Distributed Service Function Chaining”. In: *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 35.11 (Nov. 2017), pp. 2479–2489. DOI: 10.1109/jsac.2017.2760178. URL: <https://doi.org/10.1109/jsac.2017.2760178>.
-  Huawei Huang et al. “Near-Optimal Deployment of Service Chains by Exploiting Correlations between Network Functions”. In: *IEEE Transactions on Cloud Computing* (2017), pp. 1–1. DOI: 10.1109/tcc.2017.2780165. URL: <https://doi.org/10.1109/tcc.2017.2780165>.
-  Mohammad Abu-Lebdeh et al. “On the Placement of VNF Managers in Large-Scale and Distributed NFV Systems”. In: *IEEE Transactions on Network and Service Management* 14.4 (Dec. 2017), pp. 875–889. DOI: 10.1109/tnsm.2017.2730199. URL: <https://doi.org/10.1109/tnsm.2017.2730199>.

فرمول‌بندی

پذیرش زنجیره‌های کارکرد سرویس
و مدیریت آن‌ها با استفاده از VNFM

متغیرهای تصمیم گیری

- 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 $w \in V_s^{PN}$

متغیرهای تصمیم گیری

- \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 $w \in V_s^{PN}$

$$\max \sum_{h=1}^T x_h \quad (1)$$

محدودیت حافظه نودها

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

محدودیت تعداد پردازنده‌های نودها

$$\sum_{k=1}^F y_{wk} core(k) + \bar{y}_w c\bar{o}re \leq N_{core}^{PN}(w) \quad \forall w \in V_s^{PN} \quad (3)$$

اگر VNF، v توسط VNF instance نوع k روی سرور w سرویس شود می بایست VNF instance نوع k روی سرور w فعال شود. اشتراک گذاری VNF ها پشتیبانی نمی گردد.

$$\sum_{v \in \bigcup_{i=1}^T V_{i,F}^{SFC}} z_{vw}^k \leq y_{wk} \quad \forall w \in V_s^{PN}, \forall k \in [1, \dots, F] \quad (4)$$

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

$$x_h = \sum_{k=1}^F \sum_{w \in V_s^{PN}} z_{vw}^k \quad \forall v \in V_{h,F}^{SFC}, \forall h \in [1, \dots, T] \quad (5)$$

اگر تقاضای h پذیرفته شده باشد می بایست توسط یک VNFم سرویس شده باشد.

$$x_h = \sum_{w \in V_s^{PN}} \bar{z}_{hw} \quad \forall h \in [1, \dots, T] \quad (6)$$

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

$$\bar{z}_{hw} \leq \bar{y}_w \quad \forall w \in V_s^{PN}, \forall h \in [1, \dots, T] \quad (7)$$

محدودیت ظرفیت سرویس دهی VNFM

$$\sum_{i=1}^T z_{iw} \leq capacity \quad \forall w \in V_s^{PN} \quad (8)$$

متغیرهای تصمیم گیری

- $\tau_{ij}^{(u,v)}$ 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 management of VNF node v is routed on the physical network link (i, j)

Flow Conservation

$$\begin{aligned}
\sum_{(i,j) \in E^{PN}} \tau_{ij}^{(u,v)} - \sum_{(j,i) \in E^{PN}} \tau_{ji}^{(u,v)} &= \sum_{k=1}^F z_{ui}^k - \sum_{k=1}^F z_{vi}^k \\
\forall i \in V_S^{PN}, (u, v) \in E_h^{SFC}, h \in [1, \dots, T] & \quad (9)
\end{aligned}$$

Flow Conservation

$$\begin{aligned}
\sum_{(i,j) \in E^{PN}} \bar{\tau}_{ij}^v - \sum_{(j,i) \in E^{PN}} \bar{\tau}_{ji}^v &= \sum_{k=1}^F z_{vi}^k - \bar{z}_{hi} \\
\forall i \in V_S^{PN}, v \in V_{h,F}^{SFC}, h \in [1, \dots, T]
\end{aligned} \tag{10}$$

محدودیت ظرفیت لینک‌ها

$$\sum_{v \in \bigcup_{i=1}^T V_{i,F}^{SFC}} \bar{\tau}_{ij}^v * \bar{bandwidth} + \sum_{(u,v) \in \bigcup_{i=1}^T E_i^{SFC}} \tau_{ij}^{(u,v)} * bandwidth(u, v) \leq C_{ij} \quad (11)$$