

زنجیره‌سازی کارکردهای مجازی سرویس شبکه با لحاظ محدودیت منابع مدیریتی

پرهام الوانی

بهار ۱۳۹۷

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

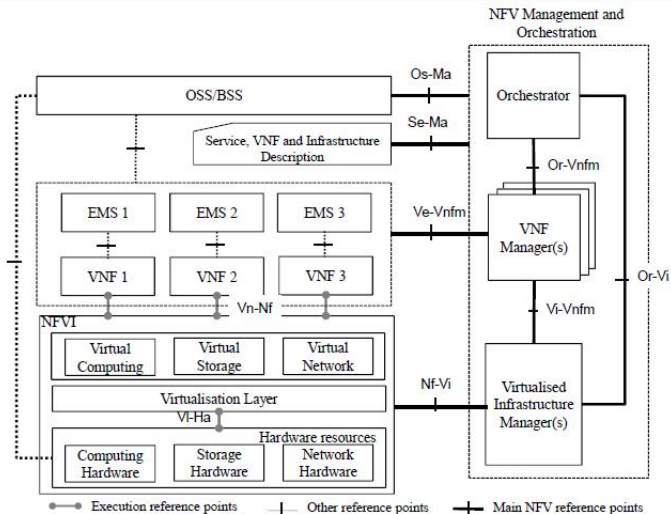
◀ مقدمه

◀ چالش‌ها

◀ مرورکارهای مرتبط

◀ تعریف مساله

- ◀ 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. 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.



شکل ۱: معماری سطح بالای مجازی سازی کارکردهای شبکه

NFVO وظیفه‌ی استقرار زنجیره‌های کارکرد سرویس را برعهده دارد. همانگونه که در مستند ETSI نیز آمده است هر نمونه از کارکردهای مجازی شبکه نیاز دارد تحت مدیریت یکی از VNFM‌های موجود در شبکه باشد.

جدول ۱: مقایسه مقالات پذیرش زنجیره‌های کارکرد سرویس

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

[۴] 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.

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-PoP ها 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.
- ◀ 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 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.

- ◀ جایگذاری و مسیریابی توامان زنجیره‌های کارکرد سرویس
- ◀ تخصیص منابع مدیریتی به زنجیره‌ها و مسیریابی ارتباط مدیریتی

یکی از وظایف VNFM مانیتور کردن وضعیت و خطاهای نمونه‌ها می‌باشد این امر باعث افزایش بار پردازشی VNFM می‌گردد و از سوی دیگر تحلیل این اطلاعات می‌بایست با تاخیر معقولی صورت پذیرد که این امر نیاز به یک بستر ارتباطی مطمئن دارد.

- ◀ مدل‌سازی مساله
- ◀ حل مساله‌ی بهینه در ابعاد کوچک
- ◀ پیاده‌سازی راه‌حل مکاشفه‌ای
- ◀ 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,” *Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 2016, pp. 1–12, 2016. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1155/2016/7139852>
-  M. Ghaznavi, N. Shahriar, S. Kamali, R. Ahmed, and R. Boutaba, “Distributed service function chaining,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 35, no. 11, pp. 2479–2489, nov 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/jsac.2017.2760178>
-  H. Huang, P. Li, S. Guo, W. Liang, and K. Wang, “Near-optimal deployment of service chains by exploiting correlations between network functions,” *IEEE Transactions on Cloud Computing*, pp. 1–1, 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/tcc.2017.2780165>

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 VNFم روی سرور w سرویس شود می بایست VNFم 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 VNFم

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

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

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