

# عنوان پروژه

---

پرهام الوانی

پاییز ۱۳۹۶

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

◀ سمت کاربر

◀ سمت دیتاسنتر

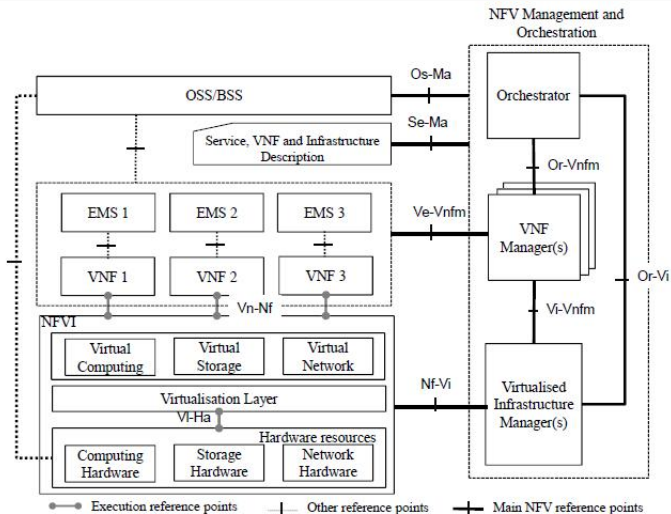
• ETSI GS MANO

- ◀ NFVO
- ◀ VNFM
- ◀ VIM

مسالهی اول

پذیرش زنجیره‌های کارکرد سرویس  
و مدیریت آن‌ها با استفاده از VNFМ

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.



شکل ۱: معماری سطح بالای مجازی سازی کارکردهای شبکه

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.

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



- ◀ توپولوژی زیرساخت شامل پنه‌های 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 پنه‌های 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 سادگی مساله برای هر زنجیره یک VNFM تخصیص می‌دهیم.
- ◀ VNFM ها می‌توانند بین زنجیره به اشتراک گذاشته شوند.
- ◀ هر نمونه از VNFM ها می‌تواند تعداد مشخصی از نمونه‌های کارکرد مجازی شبکه را سرویس دهد.
- ◀ برای ارتباط میان هر نمونه از VNFM ها و VNF ها پهنای باند مشخصی رزرو می‌گردد.
- ◀ بر روی هر NFVI-PoP حداکثر یک نمونه VNFM مستقر می‌گردد.



Mohammad Abu-Ledbeh, Diala Naboulsi, Roch Glitho, Constant Wette Tchouati. *On the Placement of VNF Managers in Large-Scale and Distributed NFV Systems*. IEEE Transactions on Network and Service Management, 2017

هدف کاهش هزینه‌ی عملیاتی در حالی که تاخیرهای ارتباطی و محدودیت‌های ظرفیت رعایت می‌شوند.

## متغیرهای تصمیم‌گیری

- $x_h$  binary variable assuming the value 1 if the  $h$ th SFC request is accepted; otherwise its value is zero
- $y_{wu}$  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 تصمیم‌گیری

- $\bar{y}_w$  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

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



یک VNF حداکثر یکبار سرویس داده شود.

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

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 VNFها پشتیبانی نمی‌گردد.

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

اگر تقاضای  $h$  پذیرفته شده باشد می بایست تمام VNF node های آن سرویس شده باشند.

$$x_h \leq \sum_{k=1}^F \sum_{w \in V_s^{PN}} z_{vw}^k \quad \forall v \in V_{h,F}^{SFC}, \forall h \in [1, \dots, T] \quad (6)$$

اگر تقاضای  $h$  پذیرفته شده باشد می‌بایست توسط یک VNFم سرویس شده باشد.

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

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

$$\bar{z}_{hw} \leq \bar{y}_w \quad \forall w \in V_s^{PN}, \forall h \in [1, \dots, T] \quad (8)$$

محدودیت ظرفیت سرویس‌دهی VNFM

$$\sum_{i=1}^T z_{iw} \leq capacity \quad \forall w \in V_s^{PN} \quad (9)$$

## متغیرهای تصمیم‌گیری

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

اگر تقاضای  $h$  پذیرفته شده باشد می بایست تمام لینک های آن مسیریابی شوند.

$$x_h \leq \sum_{(i,j) \in E^{PN}} \tau_{ij}^{(u,v)} \quad \forall h \in [1, \dots, T], \forall (u, v) \in E_h^{SFC} \quad (10)$$

## Flow Conservation

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

$$\forall i \in V_S^{PN}, (u, v) \in E_h^{SFC}, h \in [1, \dots, T] \quad (11)$$

اگر تقاضای  $h$  پذیرفته شده باشد می بایست تمام VNF های آن به VNFM مسیریابی شده باشند.

$$x_h \leq \sum_{(i,j) \in E^{PN}} \bar{\tau}_{ij}^v \quad \forall h \in [1, \dots, T], \forall v \in V_{h,F}^{SFC} \quad (12)$$



## Flow Conservation

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

$$\forall i \in V_S^{PN}, v \in V_{h,F}^{SFC}, h \in [1, \dots, T] \quad (13)$$

محدودیت ظرفیت لینک‌ها

$$\sum_{v \in \bigcup_{i=1}^T V_{i,F}^{SFC}} \bar{\tau}_{ij}^v * bandwidth + \sum_{(u,v) \in \bigcup_{i=1}^T E_i^{SFC}} \tau_{ij}^{(u,v)} * bandwidth(u, v) \leq C_{ij} \quad (14)$$

مسالهی دوم

گسترش زنجیره‌های کارکرد سرویس  
با در نظر گرفتن نقش VNFM

مساله از منظر VNFM برای scale کردن یک VNF instance زمانی که سیستم به صورت کامل مستقر شده است استفاده می‌گردد. این scale کردن به دلیل تغییرات ترافیکی در سیستم به وقوع پیوسته است.

کمترین هزینه برای اعمال تغییرات بر روی دیتاسنتر. در اینجا منظور از هزینه، توان مصرفی سرورها و هزینه‌هایی است که جهت مهاجرت و ساخت نمونه‌ها پرداخت می‌شود.

- ◀ توپولوژی زیرساخت شامل پنهای باند لینک‌ها و ظرفیت NFVI-PoP‌ها موجود است.
- ◀ وضعیت NFVI-PoP‌ها و نمونه‌هایی که روی آن‌ها مستقر است موجود است.
- ◀ وضعیت لینک‌های فیزیکی و لینک‌های مجازی که روی آن‌ها قرار دارند موجود است.
- ◀ تعداد نمونه‌های لازم از پیش مشخص است.
- ◀ با ایجاد نمونه‌های جدید ترافیک ورودی و خروجی نمونه‌ی اولیه بین نمونه‌های جدید تقسیم می‌گردد.
- ◀ تنها در مورد یک نمونه از یک زنجیره بحث می‌گردد.

- ◀ نمونه‌ها به صورت عمودی مقیاس‌پذیر نیستند.
- ◀ محدودیت توان پردازشی سرورهای فیزیکی با توجه به تعداد پردازنده‌ها
  - هزینه‌ی ساخت نمونه
  - هزینه‌ی مهاجرت نمونه (hot migration) بر اساس جابجایی حافظه
  - هزینه‌ی روشن کردن سرور جدید



Vincenzo Eramo, Emanuele Miucci, Mostafa Ammar. *An Approach for Service Function Chain Routing and Virtual Function Network Instance Migration in Network Function Virtualization Architecture*. IEEE Transactions on Networking, 2017

کاهش توان مصرفی در یک ترافیک cycle-stationary با مهاجرت و مقیاس‌دهی عمودی  
نمونه‌ها در وضعیت‌های ترافیکی مختلف



## متغیرهای تصمیم‌گیری

- $y_w$  the number of VNF instances that are run on server  $w$
- $\tau_{ij}$  the number of virtual links that are routed on physical link  $(i, j)$
- $P_w$  binary variable assuming the value 1 if server  $w$  has at least one instance of target VNF or has VNFM
- $\bar{y}_w$  the number of VNF instances that are connected to VNFM on server  $w$
- $\bar{\tau}$  the number of management virtual links that are routed on physical link  $(i, j)$

محدودیت حافظه نودها

$$y_w * \text{memory} \leq N_{ram}^{PN}(w) \quad \forall w \in V_s^{PN} \quad (15)$$

محدودیت تعداد پردازنده‌های نودها

$$y_w * \text{core} \leq N_{core}^{PN}(w) \quad \forall w \in V_s^{PN} \quad (16)$$

محدودیت ظرفیت VNFs

$$\bar{y}_w \leq \text{capacity} \quad (17)$$

می‌بایست تمام نمونه‌ها سرویس شده باشند

$$\sum_{w \in V_S^{PN}} y_w \leq V \quad (18)$$

$$\sum_{w \in V_S^{PN}} \bar{y}_w \leq V \quad (19)$$

اگر نمونه روی سرور  $w$  باشد می‌بایست آن سرور روشن باشد.

$$y_w \leq M * P_w \quad \forall w \in V_S^{PN} \quad (20)$$

$$\bar{y}_w \leq M * P_w \quad \forall w \in V_S^{PN} \quad (21)$$

## Flow Conservation

$$\sum_{(i,j) \in E^{PN}} \tau_{ij} - \sum_{(j,i) \in E^{PN}} \tau_{ji} = is_{source}(i) - y_i$$

$$\forall i \in V_S^{PN} \quad (22)$$

$$\sum_{(i,j) \in E^{PN}} \tau_{ij} - \sum_{(j,i) \in E^{PN}} \tau_{ji} = y_i - is_{destination}(i)$$

$$\forall i \in V_S^{PN} \quad (23)$$

## Flow Conservation

$$\sum_{(i,j) \in E^{PN}} \bar{\tau}_{ij} - \sum_{(j,i) \in E^{PN}} \bar{\tau}_{ji} = y_i - \bar{y}_i$$

$$\forall i \in V_S^{PN} \quad (24)$$

محدودیت ظرفیت لینک‌ها

$$\bar{\tau}_{ij} * \bar{bandwidth} + \tau_{ij} * bandwidth \leq C_{ij} \quad (25)$$

مساله از منظر NFVO برای به روزرسانی یک VNF-FG مطرح شده است.

کمترین هزینه (تغییرات) برای به روزرسانی یک VNF-FG در یک سیستم مستقر شده



◀ توپولوژی زیرساخت شامل پنه‌ای باند لینک‌ها و ظرفیت NFVI-PoP‌ها موجود است.

◀ وضعیت NFVI-PoP‌ها و نمونه‌هایی که روی آن‌ها مستقر است موجود است.

◀ وضعیت لینک‌های فیزیکی و لینک‌های مجازی که روی آن‌ها قرار دارند موجود است.

◀ تغییرات شامل اضافه و کم شدن نمونه‌ها و لینک‌ها می‌باشد.

- هزینه‌ی ساخت نمونه
- هزینه‌ی مهاجرت نمونه (hot migration) بر اساس جابجایی حافظه
- هزینه‌ی روشن کردن سرور جدید