

АЛГОРИТМ ВІДОБРАЖЕННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ ВІРТУАЛІЗОВАНИХ ФУНКЦІЙ В МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Суліма С. В., Скулиш М.А.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: lilthirteen@gmail.com

Algorithm for Mapping and Scheduling of Virtualised Functions in Mobile Network

The virtualization of mobile network is argued. The online virtual function mapping and scheduling problem is presented. The method can be used for the deployment management of virtual network functions on physical infrastructure to minimize operator costs and improving quality of service.

Сьогодні мобільні абоненти бажають залишатися на зв'язку в будь-якому місці, в будь-який час, і використовуючи будь-який пристрій. Принцип Network Functions Virtualization (NFV) спрямований на перетворення мережевих архітектур шляхом впровадження мережевих функцій в програмному забезпеченні, що може працювати на стандартній апаратній платформі. Предмет віртуалізованого ЕРС, що може динамічно реконфігуруватись, є досить новим сам по собі. Саме тому в цій сфері не так багато напрацювань.

Розподіл ресурсів в NFV мережах подібний до розміщення прикладних програм в датацентрах і хмарах [1]. Задача розміщення функцій також тісно пов'язана з вкладенням віртуальної мережі (Virtual Network Embedding – VNE) [2]. В останні роки багато наукових досліджень [3] розглядали проблему VNE або застосовуючи математичні моделі оптимізації або алгоритмічні підходи.

Ми розширюємо підхід VNE, визначаючи модель планування розташування мережевих функцій. Схожим чином [4] також фокусується на розгортанні віртуальних мережевих функцій, проте не враховує той факт, що ресурси можуть додаватися в процесі роботи. Крім того пропонується новий критерій оптимальності для жадібного алгоритму планування розташування віртуальних мережевих функцій. У цьому напрямку пропонується підхід до моделювання і дослідження динамічного виділення ресурсів для мережевих функцій у мережі телекомунікаційного оператора.

Задача виділення фізичних ресурсів в NFV може бути розділена на дві частини: (1) вкладення/відображення віртуальних машин на фізичні машини, яка пов'язана з VNE. Далі передбачається, що віртуальні вузли вже відображені на фізичні вузли. (2) відображення і планування віртуальної мережевої функції (Virtual Network Function – VNF) на створених віртуальних вузлах. Для задачі відображення і планування мережевих функцій (Network Function Mapping and Scheduling – NFMS) передбачається, що для даної віртуальної машини можливо обробляти декілька VNF, один за одним (можливо) з черги.

Тому NFMS складається з необхідності обробляти мережеві сервіси онлайн (кожен сервіс створюється і вбудовується в міру його необхідності) з використанням набору $F = \{1, \dots, f\}$ з f віртуальних мережевих вузлів. Будь-який заданий сервіс мережі S складається з послідовності $SF = \{1, \dots, m\}$ з m VNF, де функція $1 \leq i \leq m$ повинна бути оброблена на множині $F(i) \subseteq F$ вузлів. Функції $\{1, \dots, m\}$ повинні бути оброблені одна за одною в певній послідовності, і кожен віртуальний вузол може

обробляти не більше однієї функції одночасно. Час обробки для функції i на вузлі $j \in F(i)$ складає $\rho_{ij} > 0$, де $1 \leq j \leq f$, і під час обробки або в черзі для обробки, функція i використовує буфер δ_i на вузлі, на який вона відображається. У будь-який момент, заданий вузол j має доступний розмір буфера B_j . Для кожної комбінації вузлів та функцій, визначаємо бінарну змінну $\beta_{i,j}$, яка приймає значення 1, якщо вузол j може обробляти функцію i , і 0 в іншому випадку. У цьому випадку задача полягає у виборі для кожної VNF i віртуального вузла $j \in F(i)$ і часу завершення t_i , коли її обробка буде завершена (час t_s , при якому обробка функції i на вузлі j починається, може бути отриманий з $t_s = t_i - \rho_{ij}$). Також визначаємо граничний термін t_l для обробки даного сервісу. Нарешті, для кожного віртуального вузла j , визначаємо очікуваний час завершення π_j останньої функції у черзі на обробку на вузлі, і для кожного сервісу визначаємо час прибуття t_a , який є часом, коли запит на відображення і планування сервісу отримується фізичною мережею.

Задачу NFMS можна розглядати як таку, що складається з двох частин: вирішення на які віртуальні вузли кожна VNF повинна бути відображена (проблема відображення), і для кожного вузла вирішення порядку, в якому відображені VNF повинні бути оброблені (проблема планування).

Алгоритм відображення та планування віртуальних мережевих функцій представлено на рис. 1 та рис. 2.

Алгоритм 1. Жадібне відображення функцій (S, F, C)

Старт

Здійснити резервне копіювання стану фізичної мережі

for $i \in S$ *do*

Ініціалізація: Множина можливих вузлів $F' = \emptyset$

if $(i=1)$ *then*

$t_{i-1} = t_a$

end if

for $j \in F$ *do*

$t_e = \rho_{ij} + \max(\pi_j, t_{i-1})$

if $((\beta_{ij} = 1) \wedge (B_j \geq \delta_i) \wedge (t_e \leq t_l))$ *then*

$F' = F' \cup j$

end if

end for

if $F' \neq \emptyset$ *then*

Неуспіх відображення та планування

Додавання VNF

return

end if

Відсортувати F' *відповідно до* C

Обрати найвищий вузол $j^* \in F'$

Відобразити функцію i *на* j^*

Встановити $t_i = \max(\pi_j, t_{i-1})$

Оновити B_j, π_j, t_{i-1}

end for

Відображення та планування завершено

Кінець

Рис. 1 Алгоритм відображення мережевих функцій.

Алгоритм 2. Додавання VNF

$$F = F \cup \{f+1\}$$

$$B_{f+1} = \delta_i$$

$$\pi_{f+1} = 0$$

Рис. 2 Алгоритм додавання мережевих функцій.

Алгоритм виконується наступним чином: після прибуття запиту на обслуговування, функції сервісу відображаються і диспетчеризуються послідовно. Для кожної функції i визначаються всі вузли $F(i) \subseteq F$, які мають можливість обробити її. Ці вузли потім ранжуються на основі жадібного критерію. Потім вузол з найкращим рангом обирається для відображення, а функція планується на обробку в кінці черги вузла. Фактичний час початку обробки ґрунтується і на доступності вузла (завершення обробки раніше поставлених в чергу функцій), і на завершенні обробки попередньої функції (якщо це застосовно). Крім того, на кожному етапі планування, визначається завершення обробки, щоб гарантувати, що воно знаходиться в межах встановленого граничного терміну для сервісу. Також цілком можливо, що під час відображення останньої функції сервісу час завершення перевищує граничний термін, або що функція не має жодного вузла-кандидата (через те, що всі вузли-кандидати повністю завантажені). У такому випадку пропонується здійснювати додавання ресурсів згідно з алгоритмом "Додавання VNF". На рис. 1 показується псевдокод алгоритму, де C позначає критерій, за яким ранжуються вузли.

Пропонується, що алгоритм базується на тому, що функції відображаються на вузли таким чином, щоб їх завантаженість була близькою до оптимального за критерієм енергоефективності значення.

У статті розглядається можливість віртуалізації мережі мобільного зв'язку. Представлено алгоритм управління виділенням ресурсів для задачі відображення та планування віртуалізованих мережевих функцій. Метод може застосовуватись при управлінні розгортанням віртуалізованих мережевих функцій на нижчерозташованій фізичній інфраструктурі для мінімізації витрат оператора зв'язку та покращення якості обслуговування абонентів.

Література

1. Jennings B. Resource management in clouds: Survey and research challenges / B Jennings, R Stadler // Journal of Network and Systems Management. – 2014. – pp. 1-53.
2. Fischer A. Virtual Network Embedding: A Survey / A. Fischer, J. Botero, M. Till Beck, H. de Meer and X. Hesselbach // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2013. – Vol. 15, No. 4. – pp. 1888-1906.
3. Baumgartner A. Mobile core network virtualization: A model for combined virtual core network function placement and topology optimization / A. Baumgartner, V.S. Reddy, T. Bauschert // 2015 1st IEEE Conference on Network Softwarization (NetSoft). – London, 2015. – pp. 1-9.
4. Mijumbi R. Design and Evaluation of Algorithms for Mapping and Scheduling of Virtual Network Functions / R. Mijumbi, J. Serrat, J.-L. Gorricho, N. Bouten et al. // 2015 1st IEEE Conference on Network Softwarization (NetSoft). – London, 2015. – pp. 1-9.