

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВІРТУАЛІЗОВАНИХ СЕРЕДОВИЩ МЕРЕЖІ 5G/NR

Соловська І. М.

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри комп'ютерних наук
Міжнародний гуманітарний університет
м. Одеса, Україна*

Орлов Н. Д.

*здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка
Міжнародний гуманітарний університет
м. Одеса, Україна*

Розвиток мереж мобільного зв'язку п'ятого покоління 5G регламентований на базі технології NR (New Radio), яка забезпечить високу швидкість передавання даних, дозволить значно знизити час затримки та збільшити пропускну здатність мережі [1–3].

Технічний звіт 3GPP TR 38.913 [1–3] визначає групи послуг мережі 5G, до яких віднесені технології з нормованими значеннями часу затримки пакетів, таких як, групи послуг: мобільного широкосмугового доступу eMBB (Enhanced Mobile Broadband), масивних машинних комунікацій mMTC (Massive Machine-Type Communications) та послуги з'єднання з наднизькою затримкою URLLC (*Ultra-reliable Lw Latency Communications*). Розвиток цих послуг вимагає від оператора збільшення швидкості передачі даних і забезпечення необхідних значень показників якості QoS (Quality of Service), серед яких найбільш критичним є значення середнього часу затримки пакетів.

Архітектура мережі 5G/NR використовує програмно-конфігуровану мережу радіодоступу SDR (Software Defined Radio) та опорну мережу SDN (Software Defined Networking) з віртуалізацією мережних функцій на базі технології Network Slicing, яка дозволяє гнучке створювання логічних конфігурацій мережі для різних умов надання послуг eMBB, mMTC та URLLC [1–3]. Використання віртуалізованих середовищ мереж 5G/NR на базі Network Slicing та поділу на слайси дозволяє: забезпечити масштабованість та гнучкість мережі; підтримку різних сценаріїв обслуговування трафіку з певними вимогами до QoS; виконувати

балансування навантаження, надаючи можливість балансування фізичних ресурсних блоків між кінцевими користувачами [1–3].

Важливим питанням реалізації Network Slicing в мережі 5G/NR є можливість визначення показників якості функціонування віртуалізованих середовищ мережі 5G/NR задля забезпечення параметрів QoS, таких як: час затримки пакетів, пропускна спроможність та ймовірності втрат пакетів. Рішення цієї задачі для мережі 5G/NR є складним, бо пов'язано з розмірами мережі, її структурою та процедурами віртуалізації на рівні мережі RAN та опорної мережі Core Network.

Використання вузлового тензорного методу на основі декомпозиції для рішення завдання визначення показників функціонування віртуалізованих середовищ мережі 5G/NR дозволить визначити конфігурацію з'єднань в мережі 5G/NR та забезпечити ефективне використання мережних ресурсів при гарантованому мінімальному часі доставки пакетів [4–5].

Розглянемо мережу 5G/NR як віртуально-розподілену структуру, в якій виділені слайси eMBB (Slice-1 eMBB), mMTC (Slice-2 mMTC) та URLLC (Slice-3 URLLC) для віртуалізованої мережі RAN (Radio Access Network) та віртуалізованої опорної мережі 5G Core Network, побудованої на базі маршрутизаторів LSR транспортної мережі. Кожен Network Slicing об'єднує функціональні об'єкти – базові станції gNB та модулі мобільності AMF (Access and Mobility Management Function), взаємодія яких організована за допомогою Backhaul-лінків.

Використовуючи вузловий тензорний метод на основі декомпозиції [4], структуру мережі 5G/NR представлено у вигляді графу, для розгляду використовується дві координатні системи: система координат гілок та система координат вузлових пар мережі.

Для визначення середнього часу затримки пакетів в мережі 5G/NR використовуємо формулу Літтла [4]:

$$H_{v_5G/NR} = L_{v_5G/NR} \cdot T_{v_5G/NR}, \quad H_{\eta_5G/NR} = L_{\eta_5G/NR} \cdot T_{\eta_5G/NR}, \quad (1)$$

де $H_{v_5G/NR}$ і $H_{\eta_5G/NR}$ –тензори середньої довжини пакетної черги в Backhaul-лінках між об'єктами мережі 5G/NR та буферних пристроїв функціональних вузлів мережі 5G/NR, відповідно; $L_{v_5G/NR}$ і $L_{\eta_5G/NR}$ – тензори середньої інтенсивності трафіку в Backhaul-лінках між об'єктами мережі 5G/NR та буферних пристроїв функціональних вузлів мережі 5G/NR, відповідно; $T_{v_5G/NR}$ і $T_{\eta_5G/NR}$ – тензори середнього часу затримки передачі пакетів в backhaul-лінках між об'єктами мережі 5G/NR та буферних пристроїв функціональних вузлів мережі 5G/NR відповідно.

Відомі формули перетворення між системами координат [4]:

$$H_{\eta_5G/NR} = B_{\eta_5G/NR} H_{v_5G/NR}^+ , \quad L_{\eta_5G/NR} = B_{\eta_5G/NR} L_{v_5G/NR} B_{\eta_5G/NR}^t ,$$

$$T_{v_5G/NR} = B_{\eta_5G/NR}^t \cdot T_{\eta_5G/NR} . \quad (2)$$

Вирази (1–2) дозволяють отримати результати вирішення поставленого завдання для кожного слайсу мережі RAN та опорної мережі 5G Core Network. Для визначення параметрів мережі 5G/NR в цілому, а саме, значення середнього часу затримок пакетів, використовується вираз (3) з використанням отриманих значень $\tau_{\eta_5G/NR}^{i,j}$ для кожного вузлу мережі $\tau_{\eta_Link}^i$ [4]:

$$\tau_{\eta_Link}^i = \sum_{j=1}^p \tau_{\eta_5G/NR}^{i,j} , \quad (3)$$

де $\tau_{\eta_Link}^i$ – значення середньої затримки передачі пакетів у i -тому слайсі, $i = \overline{1, k+1}$; $\tau_{\eta_LTE/MVNO}^{i,j}$ – значення середньої затримки передачі пакетів у j -тому $j = \overline{1, p}$, об'єкті i -того слайсу $i = \overline{1, k+1}$; k – кількість підмереж.

Значення часу затримки пакетів T_{v_Link} у з'єднаннях Link між слайсами мережі RAN та опорної мережі 5G Core Network визначається як [4]:

$$\begin{bmatrix} \tau_{v_Link}^1 \\ \tau_{v_Link}^2 \\ \vdots \\ \tau_{v_Link}^{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{\eta_Link}^{1,j_1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & B_{\eta_Link}^{2,j_2} & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & B_{\eta_Link}^{k+1,j_{k+1}} \end{bmatrix}^t \begin{bmatrix} \tau_{\eta_Link}^1 \\ \tau_{\eta_Link}^2 \\ \vdots \\ \tau_{\eta_Link}^{k+1} \end{bmatrix} , \quad (4)$$

де $\tau_{\eta_Link}^i$ – затримка пакетів у i -тому слайсі, $i = \overline{1, k}$; $\tau_{\eta_5G/NR}^{i,j}$ – затримка пакетів у j -тому об'єкті $i = \overline{1, k}$; k – кількість слайсів.

Результати вирішення поставленого завдання показані на рис. 1.

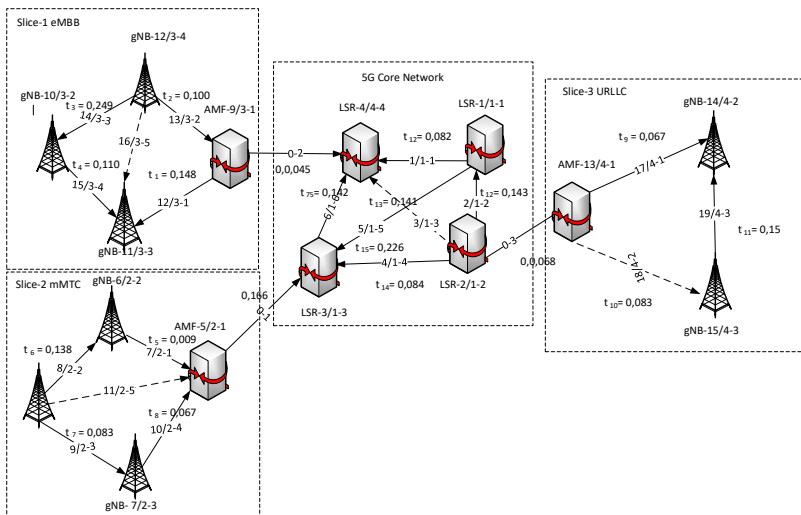


Рис. 1. Результати розрахунків показників функціонування мережі 5G/NR

Література:

1. 3GPP 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification TR 38.913 Study on New Radio Access Technology; Radio Access Architecture and Interfaces
2. 3GPP 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification TS 38.401 NG-RAN; Architecture description
3. 3GPP TS 37.324 E-UTRA and NR; Service Data Adaptation Protocol (SDAP) specification
4. Strelkovskaya I.V. LTE/MVNO networks structure optimization based on tensor decomposition / I.V. Strelkovskaya, I.N. Solovskaya // Information and telecommunication sciences. – July-December 2014. V. 5, № 2(9). P. 14–20.
5. Стрелковська І.В. Деякі характеристики QoS в обслуговуванні мережі LTE / І.В. Стрелковська, Д.В. Кордон // Інфокомунікації – сучасність та майбутнє: матеріали десятої міжнар. наук.-пр. конф. м. Одеса 16–19 лист. 2020 р. Одеса: ОНАЗ, 2020. С. 384–386.