

## ПРИНЦИП РЕЗЕРВУВАННЯ РЕСУРСІВ У ВІРТУАЛІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПОКАЗНИКІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, [muskulysh@gmail.com](mailto:muskulysh@gmail.com),  
[a\\_i\\_romanov@gmail.com](mailto:a_i_romanov@gmail.com), [lgloba@its.kpi.ua](mailto:lgloba@its.kpi.ua)

*У статті запропоновано принцип резервування ресурсів у віртуалізованому середовищі для обслуговування надмірного потоку навантаження на елементи гетерогенного телекомунікаційного середовища, який дозволить забезпечити показники якості обслуговування потоків гібридних сервісів на заданому рівні при ефективній схемі використання ресурсів. Запропоновано нові процедури організації взаємодії підсистем телекомунікаційної мережі та підсистем керування віртуалізованим середовищем для забезпечення процесу контролю якості обслуговування гібридних телекомунікаційних потоків у телекомунікаційному середовищі, які дозволяють забезпечити контроль якістю обслуговування та планувати обсяг ресурсів обслуговування для ефективної роботи гетерогенного телекомунікаційного середовища.*

**Ключові слова:** гібридний телекомунікаційний сервіс, 5G, LTE, SDN, NFV, гетерогенне телекомунікаційне середовище.

### Вступ

Надання якісних послуг операторами зв'язку залежить від різних чинників: від швидкості встановлення з'єднання, швидкості передачі інформації, від надійності каналів передачі, надійності постачальників послуг (сервіс-провайдерів). Швидкість встановлення з'єднання, або значення затримки перед початком надання послуги, безпосередньо залежить від швидкості обслуговування заявки на послугу на сервері тарифікації. Кожна заявка на надання послуги обслуговується на сервері тарифікації оператора зв'язку

Якість обслуговування кінцевих користувачів залежить від двох складових: складова яка враховує якість обслуговування у ТК обладнанні та якість обслуговування під час обробки гібридних сервісів у системі розподілених дата центрів. Маємо гетерогенне середовище, яке включає як ТК мережу, так і систему обробки інформації, яку розташовано у віддаленому дата центрі.

Для сучасних технологій типу 5G, NGN технологій ефективність обслуговування користувачів залежить від організації як ТК мережі так і ефективності організації обчислювальних ресурсів. У віддалених дата центрах проводиться велика кількість обчислень, які впливають на швидкість передачі інформації в цілому, на її обсяги і на якість її передачі.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

За умови віртуалізації мережевих функцій, ефективність обслуговування користувачів послуг зв'язку залежить не лише від організації телекомунікаційної мережі мережі, але й від ефективності організації обчислень, та взаємодії між телекомунікаційним та обчислювальним середовищем. Необхідно враховувати гетерогенність середовища, де передача і обробка інформації відбувається зі змінами по відношенню до стандартів LTE, змінюється система керування: маршрути, канали потоків керування. Необхідна розробка нової методології, яка би дозволяла все це враховувати.

Одним з ключових аспектів у області віртуалізації мережі є виділення фізичних ресурсів віртуальним функціям мережі. Вбудовування Віртуальної Мережі (Virtual Network Embedding – VNE) є добре вивченою задачею [1]. Тим не менше, більшість сучасних рішень пропонують статичну схему розподілу ресурсів, в якій коли віртуальна мережа відображається, перерозподіл ресурсів не відбувається протягом всього її життєвого циклу. Існує обмежена кількість децентралізованих і динамічних рішень VNE (як [2]). І навіть підходи, які пропонують рішення по динамічному вбудовуванню віртуальної мережі, все одно виділяють фіксовану кількість ресурсів для віртуальних вузлів і каналів на увесь період існування. Оскільки мережевий трафік не є статичним, це може привести до неефективного використання загальних

мережевих ресурсів, особливо якщо фізична мережа відхиляє запити на вбудовування нових віртуальних мережеских функцій, при цьому резервуючи ресурси для віртуальних мережеских функцій, які знаходяться в умовах низької завантаженості [3].

Більшість існуючих робіт по динамічному управлінню ресурсами засновані на трьох підходах: теорії управління, моделюванні динаміки роботи і прогнозуванні навантаження [3]. Серед адаптивних систем, що використовують метод на основі теорії управління – [4]. Серед робіт, що засновані на динаміці роботи – [5]. Автори [6] використовують прогнозування навантаження.

У зв'язку з цим, виникає потреба у гнучких моделях та методах керування якістю обслуговування гібридних телекомунікаційних сервісів, які надаються у гетерогенному телекомунікаційному середовищі, та які враховують ефективність як фізичних процесів зв'язку, так і обчислювальних процесів в системі.

### Постановка завдання

У даній статті було досліджено моделі контролю якості обслуговування гібридних телекомунікаційних сервісів керування та показників ефективності використання ресурсів у підсистемах гетерогенного телекомунікаційного середовища, вплив віртуалізації мережеских функцій на процедури забезпечення якості обслуговування кінцевих користувачів гібридних телекомунікаційних сервісів.

Дослідження систем контролю та керування якістю обслуговування за технологією LTE та відповідних стандартів та специфікацій (ITU, ESTI, 3GPP), показало, що ці функції реалізовані в основному у підсистемах eNode (диференціювання абонентського трафіку), SGSN (база контролю показників якості), PCRF (правила обслуговування користувачів). Однак для ефективного обслуговування гібридних сервісів було розроблено ряд моделей функціонування телекомунікаційного середовища.

Ефективність обслуговування гібридних телекомунікаційних сервісів оцінюється за кількісними показниками якості обслуговування:

- $t_3$  – час затримки в обслуговуванні гібридного телекомунікаційного сервісу керування ( $t_{data} - t_{start}$ ), де  $t_{start}$  – момент запиту абонентом дозволу на передачу інформаційних потоків даних,  $t_{data}$  – момент початку передачі абонентом інформаційних потоків даних.

- $P$  – ймовірність успішного обслуговування гібридного телекомунікаційного сервісу

$$P = \prod_{i=1}^N P_i$$

де  $P_i$  – ймовірність успішного обслуговування у віртуалізованому вузлі обслуговування одного з типів запитів до підсистеми гетерогенного телекомунікаційного середовища.

Обслуговування гібридного телекомунікаційного сервісу керування здійснюється у наступних підсистемах віртуальної мережі контролерів: контролер базових станцій VBS, блок керування мобільністю абонентів MME, контролер обслуговуючого шлюзу SGW-ctrl, контролер шлюзу до мереж передачі даних інших операторів PGW-CTRL, підсистема контролю політик обслуговування та тарифікації абонента PCRF, підсистема домашніх абонентів HSS, отже  $N$  – загальна кількість запитів до вказаних підсистем обслуговування абонентів.

- $p$  – завантаженість ресурсів системи – яка частина ресурсів використовується для обслуговування вхідного навантаження. Відсоток (підсистеми) обслуговування гібридних телекомунікаційних сервісів -  $\frac{M_\lambda}{M_\mu}$ , оцінюється як для end-to-end обслуговування, так і для

підсистем.

Ефективність обслуговування службових потоків забезпечує такий показник якості функціонування системи як доступність сервісів, яка відповідно до специфікації [7] визначається такими показниками:

- Відсоток успішно виконаних процедур активації PDP context, ініційованих MS 2G/3G (PDP Context Activation Success Rate);

- Затримка часу встановлення TCP-сесії для сервісу Web Browsing;

- Відсоток блокувань в ЧНН в режимі передачі даних через перевантаження на 2G/3G ;

- Відсоток успішно виконаних спроб реєстрації мобільної станції в мережі пакетної передачі даних 2G/3G (PS Attach SR).

В системах мобільного зв'язку третього покоління функції контролю параметрів доступності сервісів виконувала підсистема SGSN. В ядрі EPC ці функції виконує підсистема PCRF, модифікація якої необхідна для забезпечення показників якості обслуговування мережевих функцій керування.

У статті були розглянуто задачі резервування ресурсів у віртуалізованому середовищі для обслуговування надмірного потоку навантаження на елементи ГТС.

Ресурси гетерогенної системи дата центрів для користувачів хмарних сервісів є гнучкими та масштабованими, саме тому в умовах нестаціонарності службових потоків потрібно мати можливість реконфігурації ресурсів обслуговування. Необхідно розробити нову систему управління ресурсами обслуговування гібридних телекомунікаційних сервісів.

Запропоновано *принцип* резервування ресурсів у віртуалізованому середовищі для обслуговування надмірного потоку навантаження на елементи ГТС, основна ідея принципу полягає в тому, щоб обмежити вхідний потік на основний вузол обслуговування і розрахувати параметри додаткового вузла обслуговування.

Для вузла обслуговування визначається максимальна інтенсивність вхідного потоку, який може бути обслугований із заданими параметрами ефективності, для решти потоку визначається оптимальна інтенсивність обслуговування та відповідні ресурси альтернативного вузла обслуговування, які забезпечують ефективне обслуговування службових потоків (рис. 1).

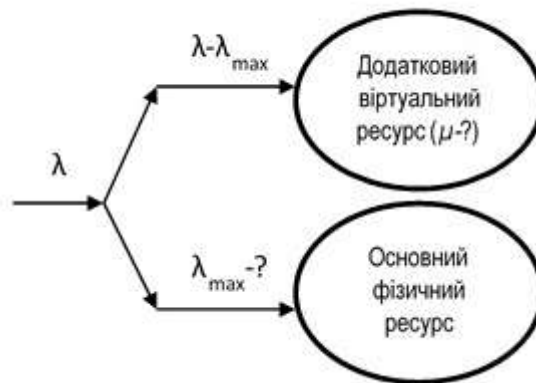


Рис. 1 Схема резервування ресурсів у віртуалізованому середовищі

Процедура гарантування заданої якості обслуговування полягає у наступному: значення затримки у обслуговуванні заявки на встановлення з'єднання (роз'єднання, відновлення) порівнюється із політикою якості обслуговування відповідного абонента. Якщо показник не відповідає, тоді послідовно порівнюються показники якості у віртуальних вузлах та каналах зв'язку віртуальної мережі із пороговими значенням відповідних політик збережених у підсистемі PCRF. Даний принцип аналізує такі кількісні показники ефективної роботи системи, як: час затримки заявки службового потоку у віртуальному вузлі та ймовірність втрати запитів у вузлі обслуговування. Вузол обслуговування - це віртуальна машина, яка виконує функції керування мережевого вузла.

Після того, як було виявлено де саме є проблема зниження показників ефективності обслуговування Приймаються міри: Якщо проблема у часі передачі між вузлами обслуговування, то рекомендується зробити реконфігурацію системи, а саме змінити розміщення віртуальних вузлів у фізичних вузлах гетерогенної структури датацентрів. Якщо проблема ідентифікована у одному вузлі обслуговування, тоді рекомендовано збільшити кількість ресурсів обслуговування. Якщо спостерігається зниження показників якості обслуговування у групі вузлів зв'язаних інтерфейсів, наприклад які утворюють єдине ядро мережі EPC, тоді рекомендовано обмежити потік заявок які направляються на обслуговування відповідного ядра. Для цього рекомендовано розрахувати інтенсивність навантаження на групу вузлів. Алгоритм процедури наведений на рис. 2.

Для реалізації принципу динамічного контролю якості потрібна модифікація підсистем системи PCRF. Підсистема «Єдине сховище політик» розширюється, додаються наступні політики відносно показників якості обслуговування потоків керування:

1. Допустимий час затримки заявки службового потоку у віртуальному вузлі.
2. Допустимі втрати запитів у віртуальному вузлі
3. Допустимий час обслуговування запитів у групах віртуальних вузлів які забезпечують заданий сервіс.

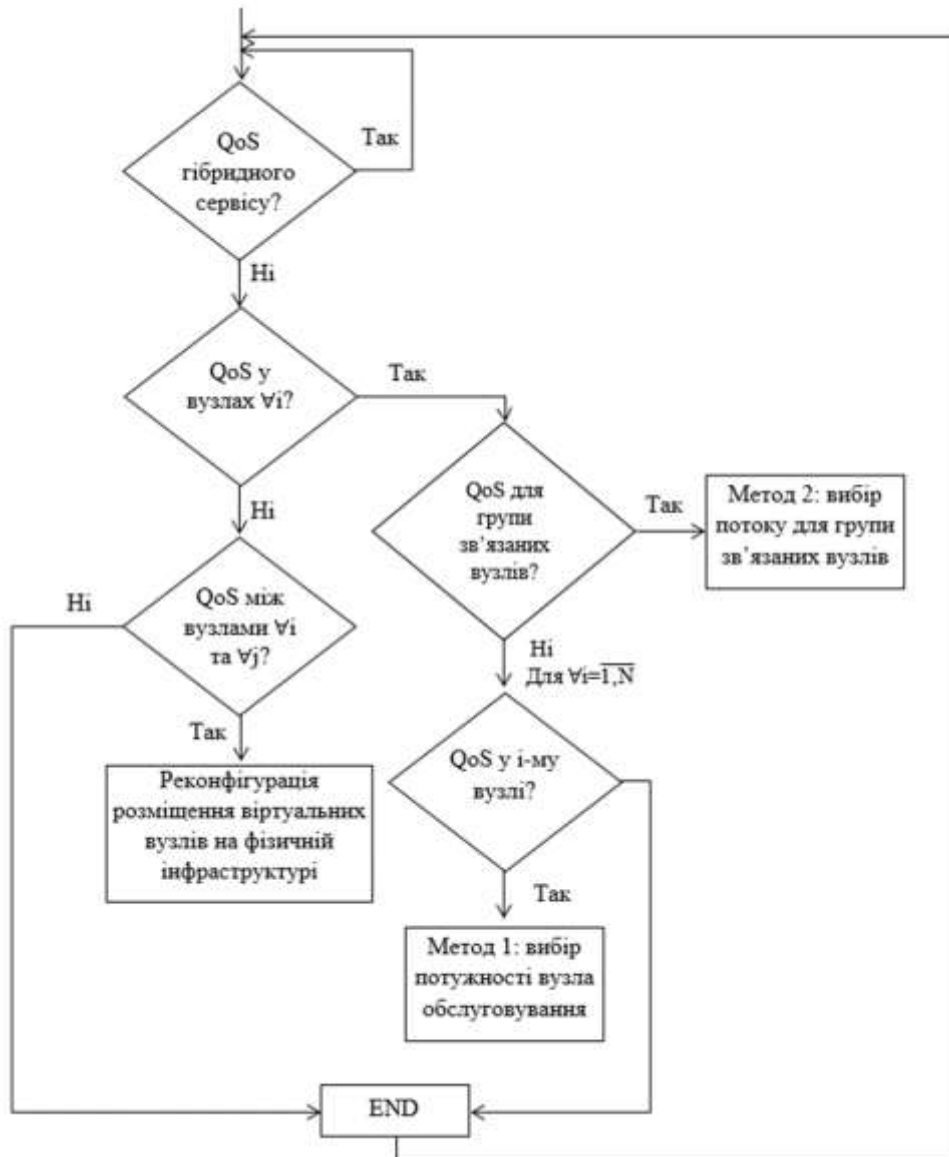


Рис. 2 Процедура гарантування заданої якості обслуговування

4. Допустимі затримки при передачі між вузлами обслуговування
5. Значення допустимих затримок доставки керівного впливу на мережеві вузли.

Розширена підсистема зображена на рис. 3.

- Підсистема «Керування політикою» формує групу вимог до виконання набору політик по відношенню до різних потоків керування.
- Підсистема «Сервер політики» виявляє проблему невідповідності поточних показників якості заявленим політикам обслуговування відповідного абонента.
- У підсистемі «Сервер прикладних програм» реалізовані програмні модулі в яких виконуються обчислення відповідно до запропонованих методів. Вихідним даними для методів є статистичні дані отримані від системи моніторингу та дані про політики, які забезпечуються для відповідних абонентів.

- Підсистема «Сховище даних про абонента» доповнюється інформацією про віртуальні вузли, або створюється окрема база даних інформації про статистику функціонування віртуальної мережі обслуговування, де збирається інформація про потоки заявок на обслуговування, статистика відносної залежності інтенсивності обслуговування від ресурсів диференційовано для кожного типу запитів.



Рис. 3 Модифікація підсистеми PCRF

### Вирішення поставленого завдання

Принцип динамічного контролю якості обслуговування потребує нових процедур: необхідно організувати взаємодію системи керування мобільного зв'язку із системою керування віртуалізованими ресурсами (рис. 4).

Контроль якості виконання керівних процедур оцінюється на рівні абонентського пристрою:

Абонентський пристрій фіксує час затримки у виконанні службових процедур, а саме час від моменту ініціалізації з'єднання до моменту початку передачі даних, та передає підсистемі PCRF.

PCRF отримує цю інформацію від абонента та аналізує на сервері політик; у підсистемі виконання рішень політики порівнює отримані дані на відповідність обраної політики, яка відповідає абоненту та зберігається у «Сховищі даних про абонента».

Якщо значення параметрів затримок не відповідають політиці, PCRF робить запит до підсистеми «Оркестратор» для визначення групи вузлів  $i$ , які обслуговують відповідного абонента.

Підсистема «Оркестратор» надсилає номери вузлів, які обслуговують абонента, розташованого у заданій місцевості. PCRF відправляє підсистемі «Моніторинг хмарних прикладних програм» запит для отримання інформації про час затримки та показники втрат у вузлах  $i$ , а також інформацію про затримки між вузлами обслуговування.

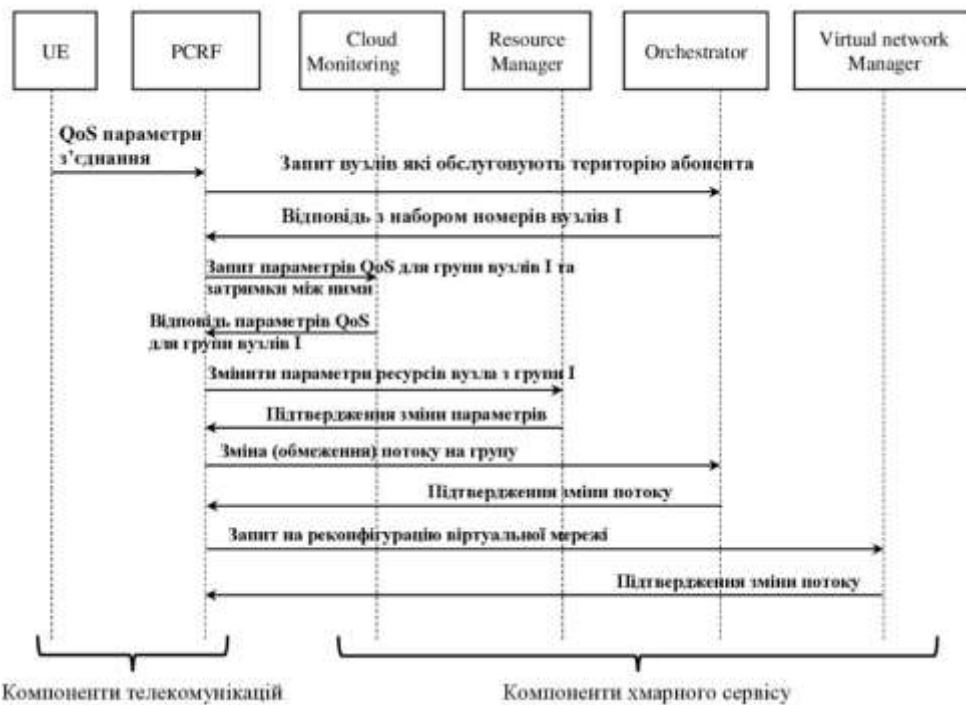


Рис. 4 Взаємодія системи керування мобільного зв'язку та системи керування віртуалізованим середовищем

Система моніторингу хмарних прикладних програм збирає інформацію відносно показників затримки та втрат гібридних сервісів, які обслуговуються у вузлах віртуальної мережі. Дані відносно групи вузлів обслуговування  $i$  передають у PCRF, де реалізовано принцип динамічного контролю якості обслуговування гібридних сервісів. Відповідно до керівних рішень, підсистема PCRF направляє запити:

- на реконфігурацію віртуальної мережі, до «Менеджера віртуальної мережі»;
- на реконфігурацію ресурсів до «Менеджера ресурсів»;
- на зміну потоків обслуговування до «Оркестратора» потоків по віртуальній мережі.

### Висновки

Запропонований у статті спосіб резервування ресурсів віртуалізованого середовища дозволяє ефективно використовувати ресурси ТК мережі і обслуговувати надмірний потік навантаження на елементи мережі, забезпечуючи заданий рівень показників якості обслуговування. Основна ідея принципу полягає в обмеженні вхідного потоку навантаження на основний вузол обслуговування і розрахунку параметрів додаткового вузла обслуговування. У статті наведено процедури взаємодії підсистем ТК мережі та підсистем керування віртуалізованим середовищем, які забезпечують контроль якості обслуговування гібридних телекомунікаційних потоків у телекомунікаційному середовищі. Запропоновано процедуру гарантування заданої якості обслуговування на основі аналізу кількісних показників ефективності роботи системи. Дані процедури дозволяють планувати обсяг використовуваних ресурсів і забезпечують ефективну роботу ТК середовища.

### Список літературних джерел

1. Суліма С. В. Гібридна система управління ресурсами для віртуалізованих мережевих функцій/ С. В. Суліма, М. А. Скулиш // р-ISSN 1607-3274. Радіоелектроніка, інформатика, управління. – Запоріжжя - 2017. -№ 1 – сс.16-24.
2. Cai Z. Virtual network embedding for evolving networks / Z. Cai, F. Liu, N. Xiao, Q. Liu, and Z. Wang // Global Telecommunications (GLOBECOM 2010) : conference, Miami, Florida, 6–10 December 2010 : proceedings. – IEEE, 2010. – P. 1–5.
3. Mijumbi R. Design and Evaluation of Learning Algorithms for Dynamic Resource Management in Virtual Networks / R. Mijumbi, J.-L. Gorricho, J. Serrat, M. Claeysy, F. D. Turcky, S.

Latr // Network Operations and Management Symposium (NOMS), Krakow, 5–9 May 2014. – IEEE, 2014. – P. 1–9.

4. Patikirikorala T. A multi-model framework to implement self-managing control systems for QoS management / T. Patikirikorala, A. Colman, J. Han, and L. Wang // Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems : symposium, Waikiki, Honolulu, 21–28 May 2011 : proceedings. – New York: ACM, 2011. – P. 218–227.

5. Lai W. Game Theoretic Distributed Dynamic Resource Allocation with Interference Avoidance in Cognitive Femtocell Networks / W. Lai, M. Chiang, S. Lee, T. Lee // Wireless Communications and Networking : conference, Shanghai, 7–10 April 2013 : proceedings. – IEEE, 2013. – P. 3364–3369. Jokhio F. Prediction-Based Dynamic Resource Allocation for Video Transcoding in Cloud Computing / F. Jokhio, A. Ashraf, S. Lafond, I. Porres, J. Lilius // Parallel, Distributed, and Network-Based Processing : 21st Euromicro International Conference, Belfast, 27 February – 1 March 2013 : proceedings. – IEEE, 2012. – P. 254–261.

6. ETSI TS 102 250-2 V2.4.1 (2015-05) Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); QoS aspects for popular services in mobile networks; Part 2: Definition of Quality of Service parameters and their computation. Доступно за посиланням

[http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/102200\\_102299/10225002/02.04.01\\_60/ts\\_10225002v020401p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102200_102299/10225002/02.04.01_60/ts_10225002v020401p.pdf)

УДК 004.7

**Принцип резервирования ресурсов в виртуализированной среде для контроля показателей обслуживания** / В статье предложен принцип резервирования ресурсов в виртуализированной среде для обслуживания чрезмерного потока нагрузки на элементы гетерогенной телекоммуникационной среды, который позволит обеспечить показатели качества обслуживания потоков гибридных сервисов на заданном уровне при эффективной схеме использования ресурсов. Предложены новые процедуры организации взаимодействия подсистем телекоммуникационной сети и подсистем управления виртуализированной средой для обеспечения процесса контроля качества обслуживания гибридных телекоммуникационных потоков в телекоммуникационной среде, которые позволяют обеспечить контроль качества обслуживания и планировать объем ресурсов обслуживания для эффективной работы гетерогенной телекоммуникационной среды.

*Ключевые слова:* гибридный телекоммуникационный сервис, 5G, LTE, SDN, NFV, гетерогенная телекоммуникационная среда.

УДК 004.7

**Принцип резервирования ресурсов у виртуализованому середовищі для контролю показників обслуговування** / М.А. Скулиш, О.І. Романов, Л.С. Глоба // Вісник Інженерної академії України. – 2018.

У статті запропоновано принцип резервирования ресурсів у виртуалізованому середовищі для обслуговування надмірного потоку навантаження на елементи гетерогенного телекомунікаційного середовища, який дозволить забезпечити показники якості обслуговування потоків гібридних сервісів на заданому рівні при ефективній схемі використання ресурсів. Запропоновано нові процедури організації взаємодії підсистем телекомунікаційної мережі та підсистем керування виртуалізованим середовищем для забезпечення процесу контролю якості обслуговування гібридних телекомунікаційних потоків у телекомунікаційному середовищі, які дозволяють забезпечити контроль якістю обслуговування та планувати обсяг ресурсів обслуговування для ефективної роботи гетерогенного телекомунікаційного середовища.

*Ключові слова:* гібридний телекомунікаційний сервіс, 5G, LTE, SDN, NFV, гетерогенне телекомунікаційне середовище.

УДК 004.7

**The principle of reserving resources in a virtualized environment for monitoring service parameters** / М.А. Skulysh, O.I. Romanov, L.S. Globa // Bulletin of Engineering Academy of Ukraine. – 2018.

The principle of reserving resources in a virtualized environment for servicing an excessive load flow on elements of a heterogeneous telecommunication environment is proposed in this paper. This principle will provide service quality indicators for hybrid service flows at a given level with an efficient resource utilization scheme. New procedures for organizing the interaction of subsystems of a telecommunications network and subsystems for managing a virtualized environment to provide a quality control process for servicing hybrid telecommunication flows in a telecommunications environment are proposed. It allows to provide quality control of service and to plan the amount of maintenance resources for efficient operation of a heterogeneous telecommunication environment.

*Keywords:* hybrid telecommunication service, 5G, LTE, SDN, NFV, heterogeneous telecommunication environment.