

УДК 004.7

Скулиш М.А.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Романов О.І.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Глоба Л.С.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПРИНЦИП ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОТОКІВ У ГЕТЕРОГЕННОМУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

У статті запропоновано принцип обслуговування потоків у гетерогенному телекомунікаційному середовищі (ГТС), який забезпечить гнучкість та масштабованість системи керування процесом обслуговування гібридних телекомунікаційних сервісів у ГТС, функції керування процесом обслуговування абонента, зокрема пошук абонента, пошук фізичних елементів, які беруть участь у процесі передання, і передання керівного впливу на відповідні фізичні елементи, переносяться у хмару, усі підсистеми мобільного зв'язку є керованими із контролерів, розташованих у дата-центрі, взаємодія між контролерами підсистем із метою керування відбувається лише всередині дата-центру, що дозволить зменшити кількість службових потоків телекомунікаційною мережею.

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

Постановка проблеми. Мережа мобільного зв'язку сьогодні – це складана система, яка забезпечує не лише доступ до різноманітних сервісів, але й гарантує якість обслуговування на всіх етапах обслуговування end-to-end. Від підсистем мобільного зв'язку очікують виконання когнітивних функцій, пов'язаних як із переданням даних, так і з організацією процесу керування обслуговуванням. Когнітивні функції розгортаються не лише у ядрі, а розгортаються на кожному етапі обслуговування, забезпечується самоналаштування, оптимізація, навчання, моніторинг підсистем.

Особливості розвитку інформаційно-телекомунікаційних мереж визначаються такими аспектами:

– у зв'язку зі зближенням індустрії інформаційних та комунікаційних технологій телекомунікаційна інфраструктура все більше використовує хмарні обчислення. Телекомунікаційні оператори надають хмарні сервіси, а також застосовують технології хмарних обчислень для оптимізації

своїх телекомунікаційних платформ та систем підтримки [1];

– спостерігається відсутність зворотного зв'язку між якістю послуг, які надаються, та організацією процесів взаємодії у гетерогенному телекомунікаційному середовищі; хаотичне завантаження обчислювальних та телекомунікаційних ресурсів, які забезпечують розподілену обчислювальну систему.

– потреба в гнучких моделях та методах керування якістю обслуговування гібридних телекомунікаційних сервісів (далі – ТКС), які використовують переваги гетерогенного телекомунікаційного середовища та враховують ефективність фізичних процесів.

Запровадження технологій програмно керованих мереж потребує розроблення нових принципів функціонування телекомунікаційної мережі та процесів обслуговування службових потоків обслуговування, нових моделей теорії масового обслуговування для оцінки параметрів функціонування системи, своєчасного виконання

обчислювальних операцій для забезпечення потреб ТКС.

Через відсутність методологічної бази для організації роботи гетерогенного телекомунікаційного середовища його ресурси використовуються хаотично, завдання оптимізації вирішені частково або локально, що призводить до погіршення контролю та забезпечення показників якості послуг для кінцевих користувачів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Із появою парадигми хмарних обчислень розширюються можливості організації процесу обслуговування в телекомунікаційних системах у спеціалізації [2] представлені основні архітектурні рішення, де замість складних апаратних рішень, у яких запропоновані способи віртуалізації мережевих функцій різних ділянок мережі, що дозволить налаштувати обчислювальні ресурси обслуговування.

Системи керування телекомунікаціями розвивалися паралельно з розвитком телекомунікаційних мереж. Класичними задачами систем керування є визначення найкоротшого шляху для потоку даних, розподіл навантаження між вузлами мережі та інші.

У процесі віртуалізації мережевих функцій для систем мобільного зв'язку одним із варіантів розвитку віртуалізації елементів мережі є винесення функцій мережевого вузла, які пов'язані з керуванням цього елемента в окремі програмні компоненти, які розміщуються у хмарній структурі, у гетерогенній системі дата-центрів. Основний підхід, який описано для систем програмно керованих мереж полягає в тому (НЖН), що розділяється площина передавання даних та площина керування мережею, а окремим шаром є множина прикладних програмних компонентів.

Також стали з'являтися рішення зі створення контролерів базових станцій, які будуються по аналогії із системами SDN-контролерів, принцип роботи цієї системи є розвитком існуючих SDN-контролерів, наприклад, є контролер OpenDaylight. Також розробляються контролери для програмно керованого радіо [3; 4]. Такі системи – це програмні комплекси, які виконують задані мережеві функції керування.

Ефективність виконання функцій керування залежить від організації обчислювального процесу для даних функцій. Отже, є необхідність організувати обчислювальний процес для наборів мережевих функцій, таких як контролер радіо, транспортної мережі або контролер ядра мережі, або контролер маршрутизатора на границі локаль-

ної мережі оператора зв'язку, який пропонується віртуалізувати; це будь який мережевий елемент, який є керованим та його можна представити відповідно до цієї концепції на функції передавання даних та функції керування елементом.

Постановка завдання. Організація цих функцій сьогодні активно досліджується науковою спільнотою. Натепер створено протоколи та інтерфейси між елементами керування [5]; розробляються специфікації та стандарти з опису інтерфейсів між блоками мережевих функцій. Постає завдання організації ефективного керування процесом обслуговування кінцевих користувачів у такій гетерогенній системі керування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Система керування гетерогенним телекомунікаційним середовищем, що реалізує запропонований принцип обслуговування потоків із віртуалізацією ресурсів у гетерогенному телекомунікаційному середовищі, представлена на рис. 1.

Усі підсистеми мобільного зв'язку є керованими із контролерів, розташованих у дата-центрі, взаємодія між контролерами підсистем із метою керування відбувається лише всередині дата-центру. Функції керування процесом обслуговування, зокрема пошук абонента, пошук фізичних елементів, які беруть участь у процесі передавання, і передавання керівного впливу на відповідні фізичні елементи переносяться у хмару.

Абонентський пристрій для організації зв'язку взаємодіє з контролером базової станції, розташованим у дата-центрі. Відповідно до протоколів, контролери підсистем взаємодіють між собою на рівні дата-центру, надсилаючи фізичному обладнанню кінцеві керівні рішення для запуску процесу передавання даних.

Наразі розробляється методологічна база для реалізації концепції NFV (мережеві функції вір-

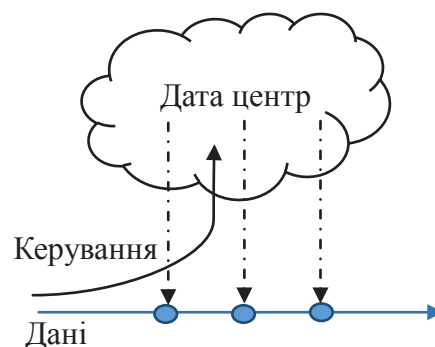


Рис. 1 Принцип обслуговування потоків із віртуалізацією ресурсів у ГТС

туалізації). Перший підхід перенаправляє через хмарні ресурси лише потоки керування. Другий підхід полягає у використанні хмарних дата-центрів для оброблення як потоків керування мережею, так і інформаційних потоків. Запропонований принцип є вдосконаленням першого підходу, суть якого полягає у віртуалізації мережевих функцій, що дозволяє відокремлювати систему керування вузлами мобільної мережі від системи передавання даних.

На рис. 2 наведено приклад розділення функцій ядра мережі LTE. Було проаналізовано основні функції підсистем ядра і виділено ті функції, які пов'язані з керуванням та передаванням даних. Функції передавання даних вирішуються у віртуалізованому середовищі, розгорнутому на базі групи дата-центрів.

У телекомунікаційній частині ядра EPC зберігається виконання таких функцій, які пов'язані з процесом передавання даних:

F1 – функції фільтрації пакетів за користувачами і законного перехоплення трафіку;

F3 – базова маршрутизація пакетного трафіку і перехоплення пакетного трафіку;

F4 – функціонал «якірної» точки (точки об'єднання трафіка) для хендвера між базовими станціями NodeB всередині однієї мережі доступу в зоні обслуговування базових станцій згідно з набором правил та інструкцій;

До віртуалізованої платформи пропонується перенести виконання функцій підсистем ядра EPC, які пов'язані з керуванням:

F2 – функції розподілу пулу IP-адрес для пристроїв користувачів UE та функціонал PCEF;

F5 – оброблення функціоналу BBERF;

F6 – Traffic Detection Function;

F7 – User Data Repository (UDR);

F8 – Application Function (AF);

F9 – Система тарифікації (OCS).

Структура мережі та контроль якості обслуговування користувачів відбувається у вузлах. Традиційно підсистеми мережі LTE виконують набір функцій, відповідно до стандартів та специфікацій організації 3GPP. У роботі пропонується розділити функції керування підсистемами та функції, які пов'язані з процесом передавання даних безпосередньо до мережі LTE.

Модифікована архітектура мережі оператора зв'язку із застосуванням віртуалізованих функцій керування підсистемами представлена на рис. 3. Функції передавання даних реалізовано у телекомунікаційній системі, функції керування підсистемами виконуються в обчислювальному середовищі, яке організоване у хмарному дата-центрі складної структури.

Потоки даних позначено прямими лініями, потоки керування всередині дата-центру позначено пунктирними лініями з двома крапками, потоки взаємодії та керівного впливу від підсистем, які розміщені у дата-центрі, до програмно керованих підсистем телекомунікаційного обладнання позначено пунктирними лініями з однією крапкою.

Особливістю системи керування, яка реалізується, є організація віртуальної мережі обслу-

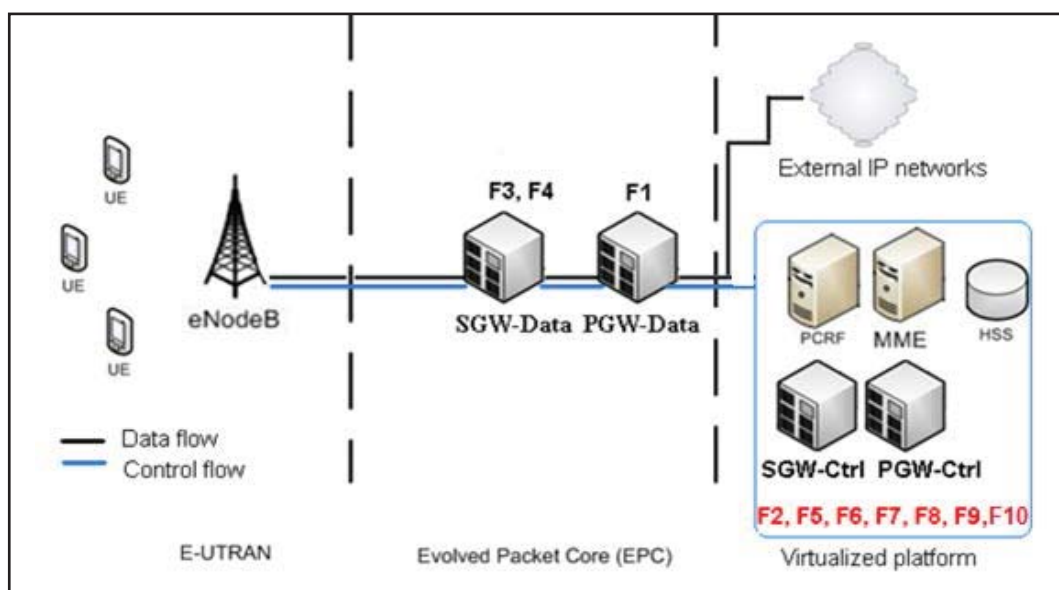


Рис. 2. Розподіл функцій ядра мережі між фізичними та віртуальними пристроями

говування. У кожному вузлі віртуальної мережі віртуальних функцій, вузли мережі віртуалізованих мережевих функцій пов'язані з інтерфейсами взаємодії функцій керування. При обслуговуванні системи мобільного зв'язку можуть бути отримані статистичні дані оцінки обслуговування та потоків. Постає завдання організації функціону-

вання системи керування, формування правил та підходів, розроблення методів і моделей організації процесу обслуговування в гетерогенній телекомунікаційній системі.

Віртуальна мережа обслуговування гібридних телекомунікаційних сервісів представлена на рис. 4. Вузол віртуальної мережі – це вірту-

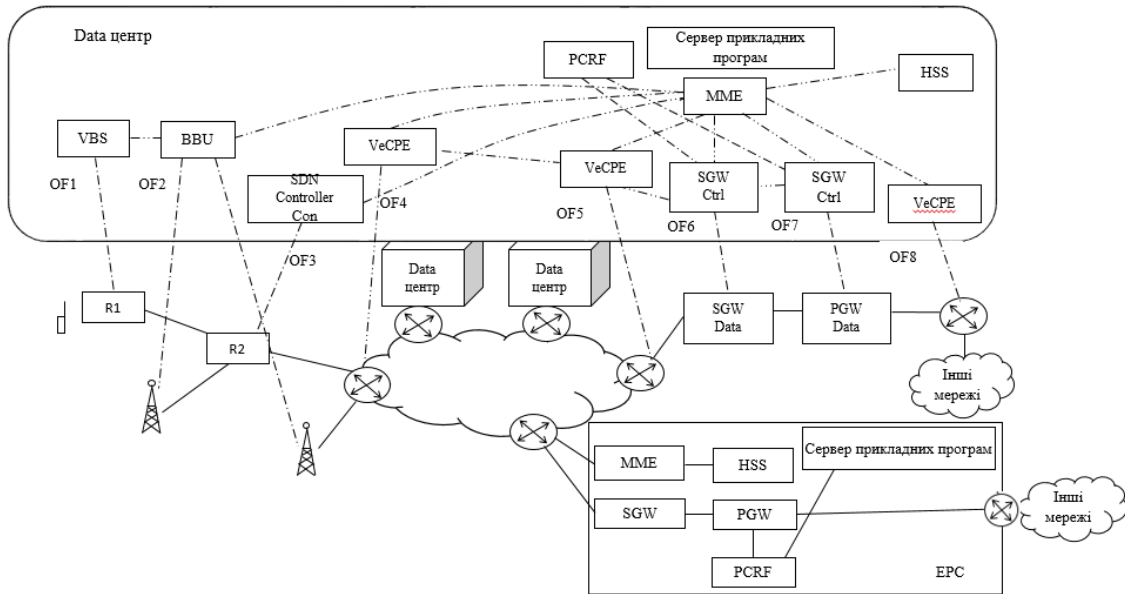


Рис. 3. Запропонована архітектура мережі оператора зв'язку з віртуалізацією мережевих функцій керування

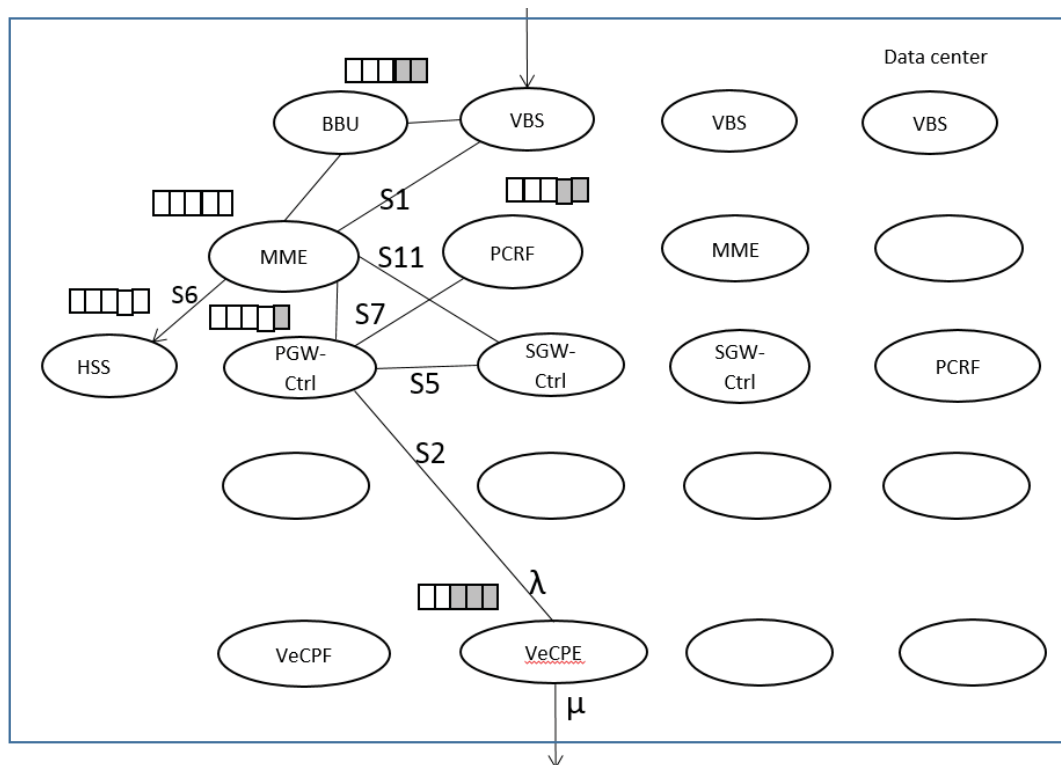


Рис. 4. Обслуговування потоків керування у віртуальній мережі гетерогенного телекомунікаційного середовища

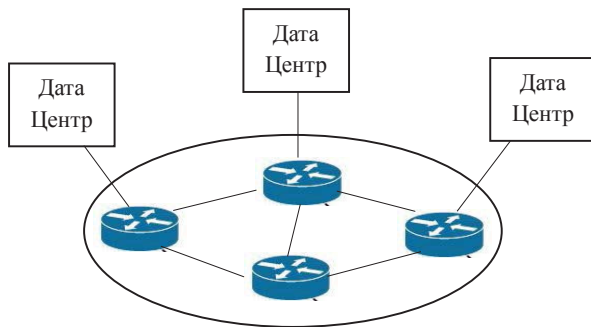


Рис. 5. Гетерогенне телекомунікаційне середовище

альна машина, у якій виконуються функції підсистеми мережі мобільного зв'язку. У віртуальній машині реалізуються обчислювальні функції керування мережевим елементом. Зв'язки між віртуальними вузлами визначаються інтерфейсами взаємодії мережевих елементів, відповідно до стандартів та специфікації технології LTE. Віртуальна мережа представлена на рис. 8, де λ – інтенсивність надходження запитів на виконання функцій віртуалізованим мережевим елементом, а μ – інтенсивність обслуговування запитів у мережевій функції (кількість запитів обслугованих за одиницю часу).

При впровадженні концепції віртуалізації мережевих функцій виникає необхідність контролю сумісної роботи підсистем фізичних (телекомунікаційних) та хмарних. Основні функції контролю ефективності обслуговування гібридних телекомунікаційних сервісів, пропонується

реалізувати у підсистемі PCRF ядра мобільної мережі, функції якої будуть розширені.

Особливість функціонування віртуальної мережі, представленної на рис. 4, полягає в тому, що обчислювальні вузли, де розміщені окремі обслуговуючі сутності, розподілені по системі дата-центрів і територіально рознесені так, як показано на рис. 5. Телекомунікаційні канали, які обслуговують зв'язок між дата-центрами, дають затримки в обслуговуванні. Джерелом вхідного навантаження на мережу є точки доступу, зокрема контролери точок доступу, які обслуговують службові запити нових потоків. Усе це необхідно врахувати при організації процесу керування обслуговуванням гібридного сервісу в гетерогенному телекомунікаційному середовищі.

Висновки. Удосконалено принцип керування телекомунікаційною системою, який полягає в тому, що всі підсистеми мобільного зв'язку стають керованими з контролерів, розташованих у дата-центрі, взаємодія між контролерами підсистем із метою керування відбувається лише всередині дата-центру, що дозволить зменшити кількість службових потоків телекомунікаційною мережею, забезпечити масштабованість та гнучкість реконфігурації мережі

Розроблена архітектура локальної мережі оператора мобільного зв'язку дозволяє оцінити переваги, вузькі місця віртуалізації мережевих функцій та визначити особливості забезпечення показників якості обслуговування у гетерогенному телекомунікаційному середовищі.

Список літератури:

1. ITU-T M.3371 (10/2016) Требования к управлению услугами в системе управления электросвязью, совместимой с облаком. URL: <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=13064&lang=ru>.
2. GS NFV 001 V1.1.1 (10/2013) Network Functions Virtualisation (NFV)/ Use cases. URL: http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV/001_099/001/01.01.01_60/gs_NFV001v010101p.pdf.
3. Скулиш М.А. Задача розподілу абонентського навантаження між базовими станціями з підтримкою SDR / М.А. Скулиш, А.А. Заставенко. Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2016. № 4. С. 99-105. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vduikt_2016_4_17.
4. Santos Ricardo. A SDN controller architecture for Small Cell Wireless Backhaul using a LTE Control Channel / Ricardo Santos, Andreas Kessler // World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), 2016 IEEE 17th International Symposium on A. – 28 July 2016.
5. Open Air Interface Cloud RAN. 5G software alliance for democratising wireless innovation. URL: http://www.openairinterface.org/?page_id=466.
6. ETSI GS NFV 003 (12/2014): "Network Functions Virtualisation (NFV); Terminology for Main Concepts in NFV". URL: http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV/001_099/003/01.02.01_60/gs_NFV003v010201p.pdf.

ПРИНЦИП ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОТОКОВ В ГЕТЕРОГЕННОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СРЕДЕ

В статье предложен принцип обслуживания потоков в гетерогенной телекоммуникационной среде, который обеспечит гибкость и масштабируемость системы управления процессом обслуживания гибридных телекоммуникационных сервисов, функции управления процессом обслуживания абонента, поиск абонента поиск физических элементов, которые участвуют в процессе передачи, и передача руководящего влияния на соответствующие физические элементы, что переносятся в облако, все подсистемы мобильной связи являются управляемыми с контроллеров, расположенных в дата-центре, взаимодействие между контроллерами подсистем с целью управления происходит только в середине дата-центра, что позволит уменьшить количество служебных потоков по телекоммуникационной сети.

Ключевые слова: гибридный телекоммуникационный сервис, 5G, LTE, SDN, NFV, гетерогенное телекоммуникационную среду.

PRINCIPLE OF FLOWS SERVICE IN THE HETEROGENEOUS TELECOMMUNICATION ENVIRONMENT

The article proposes the principle of flows service in a heterogeneous telecommunication environment that will provide the flexibility and scalability of the system for managing the process of servicing hybrid telecommunication services, the functions of managing the subscriber's service process (the subscriber's search for the physical elements that participate in the transfer process and the transfer of the governing influence to the relevant physical elements) are transferred to the cloud, all mobile communication subsystems are managed from the location controllers. The interaction between the subsystem controllers for the purpose of management occurs only in the middle of the data center, which will reduce the number of service flows over the telecommunications network.

Key words: hybrid telecommunication service, 5G, LTE, SDN, NFV, heterogeneous telecommunication environment.