

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет "Львівська політехніка"

Шпур Ольга Миколаївна



УДК 621.391

Підвищення якості надання композитних сервісів у мережах із сервісно-орієнтованою архітектурою

05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів - 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному університеті "Львівська політехніка" Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук
Стрихалюк Богдан Михайлович,
Національний університет "Львівська політехніка", доцент
кафедри телекомунікацій.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Ложковський Анатолій Григорович,
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
завідувач кафедри комутаційних систем;

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Єременко Олександра Сергіївна,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
докторант кафедри телекомунікаційних систем.

Захист дисертації відбудеться "24" лютого 2017 р. о 12⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.10 у Національному університеті "Львівська політехніка" (79013, Львів-13, вул. С. Бандери, 12, ауд. 218 XI навчального корпусу).

З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці Національного університету "Львівська політехніка" (79013, м. Львів, вул. Професорська, 1).

Автореферат розісланий "13" лютого 2017 р.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради к.т.н., доцент



І.В. Демидов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Взаємопроникнення інформаційних технологій, сервісної інженерії та телекомунікаційних систем ставить нові вимоги перед проєктантами, котрі повинні враховувати існування теоретично необмеженої множини сервісів, що складно підпорядковуються існуючій класифікації інформаційно-телекомунікаційних послуг. Відомі методи передавання інформаційних потоків не здатні забезпечити підтримку процесів надання композитних сервісів, у яких мета обслуговування досягається взаємодією декількох елементарних складових з параметрами, що можуть суттєво відрізнятись. Розробники таких сервісів враховують можливості виникнення помилок на нижчих рівнях Еталонної моделі взаємодії відкритих систем, проте передбачають надання сервісу навіть у випадку суттєвих мережеских збоїв, окрім критичних. Однак, це призводить до зниження якості обслуговування, що має незворотні наслідки з точки зору кінцевого користувача.

Поєднання різних телекомунікаційних технологій, які створюють передумови для побудови гнучких та високопродуктивних сервісно-орієнтованих систем, можуть використовуватись для розв'язання задач у різних галузях. Однак, на сьогодні, одним із стримуючих факторів щодо впровадження та подальшого розвитку таких мереж є теоретичне недоопрацювання моделей надання сервісів, що зумовлені відсутністю вичерпних відомостей про структуру мереж центрів оброблення даних (ЦОД). Тому, у процесі надання композитного сервісу, слід враховувати параметри інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури з метою оптимального вибору елементарних складових цього сервісу або їх міграції у її віртуалізованій реалізації.

Дослідженням питань підвищення якості надання композитних сервісів активно займаються в першу чергу закордонні фахівці. Однак, в Україні інтерес до завдань цього класу невпинно зростає. Зокрема, ці питання у своїх роботах розглядали представники наукових шкіл професора Поповського В.В., професора Беркман Л.Н., професора Глоби Л.С., професора Ложковського А.Г. Серед іноземних дослідників слід відзначити роботи Кривінської Н.В., Лунтовського А.О., Schill A., Wolf A., Soares J., Dias M., Carapinha J. та інших.

Основна частина робіт згаданих авторів спрямована на покращення якості надання композитних сервісів шляхом удосконаленого управління мережними ресурсами та їх планування. Проте, не враховано процес формування композитних сервісів, який відкриває нові можливості щодо покращення їх надання без необхідності ускладнення алгоритмів ресурсного управління. Для досягнення цієї мети слід розв'язати протиріччя між якістю надання композитного сервісу та тривалістю його формування з елементарних сервісних компонентів. Це потребує розроблення нових моделей розгортання та надання веб-сервісів, а також удосконалення методів маршрутизації інформаційних потоків з урахуванням стійкості структури центрів оброблення даних для зменшення кількості переоцінок маршрутів обміну даними між елементарними сервісами.

Таким чином, покращення часових параметрів надання композитних сервісів з одночасним підвищенням стійкості віртуальних топологій ЦОД, які утворюються дистанційно-векторними методами в умовах різкого зростання різноманітності потоків у сучасних гетерогенних мережах для задоволення потреб користувачів у інформаційно-комунікаційних застосуваннях реального часу є актуальним науковим завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика дисертаційної роботи безпосередньо пов'язана з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки в рамках державних програм розвитку та інформатизації Кабінету

Міністрів України, координаційних планів науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України "Перспективні інформаційні технології, прилади комплексної автоматизації, систем зв'язку" та "Прикладні дослідження з найважливіших проблем природничих, суспільних і гуманітарних наук". Дисертація виконувалась в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт "Моделі та структури конвергентних телекомунікаційних мереж на основі CLOUD – технологій" ("ДБ/CLOUD"), (2013–2014 рр.), № держреєстрації 0113U003184 та «Методи побудови та моделі інформаційно – телекомунікаційної інфраструктури на основі SDN – технологій для систем електронного урядування» ("ДБ/SDN"), (2015–2016 рр.), № держреєстрації 0115U000444.

Мета і завдання дослідження. Мета дисертаційної роботи полягає у покращенні часових параметрів надання композитних сервісів з одночасним підвищенням стійкості віртуальних топологій центрів обробки даних у мережах із сервісно-орієнтованою архітектурою.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

1. Формалізувати параметри формування та надання композитних сервісів;
2. Провести аналіз методів оцінювання ефективності надання композитних сервісів з урахуванням структури дата-центру;
3. Удосконалити метод пошуку маршруту з урахуванням стійкості структури віртуалізованого центру обробки даних сервісно-орієнтованої мережі;
4. Розробити метод балансування навантаження з урахуванням доступності сервісних компонентів;
5. Розробити модель розподілу мережних ресурсів між дата-центрами;
6. Розробити модель надання композитного сервісу в сервісно-орієнтованих мережах із урахуванням структури центру обробки даних та процесу міграції віртуальних машин, які підтримують сервісні компоненти.
7. Оцінити ефективність запропонованих методів та алгоритмів.

Об'єкт дослідження – процес надання послуг у мережах із сервісно-орієнтованою архітектурою.

Предмет дослідження – методи покращення параметрів якості надання композитних сервісів у мережах із сервісно-орієнтованою архітектурою.

Методи дослідження. Дослідження виконано на основі використання положень теорії ймовірності та математичної статистики, теорії випадкових графів, методів лабораторного експерименту, аналітичного та імітаційного моделювання.

Наукова новизна роботи полягає у тому, що:

1. Вперше запропоновано метод балансування навантаження з урахуванням доступності фізичних ресурсів та з використанням віртуалізації мережних функцій (NFV – Network Function Virtualization), який реалізований на основі модифікованої сервісно-орієнтованої архітектури управління мережею, що дало змогу підвищити ефективність використання апаратних ресурсів центру обробки даних та зменшити затримку надання сервісів кінцевому користувачу.

2. Набула подальшого розвитку модель надання композитного сервісу в сервісно-орієнтованих мережах, шляхом урахування структури центру обробки даних та процесу міграції компонентів сервісу, що дало змогу покращити часові параметри якості надання послуг кінцевим користувачам;

3. Набула подальшого розвитку модель розподілу мережних ресурсів між дата-центрами на основі об'єднання та перегрупування потоків запитів, що дозволило можливість покращити часові параметри процесу передавання даних.

4. Удосконалено метод пошуку маршруту з урахуванням стійкості структури мережі віртуалізованого центру обробки даних, шляхом врахування параметрів віртуальної топологічної структури у метриці маршрутизації, що дало змогу зменшити затримку у процесі пошуку маршруту у віртуалізованій частині центру обробки даних сервісно-орієнтованої мережі, а також мінімізувати затримку надання атомарного сервісу.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що:

1. Пошук маршруту з урахуванням стійкості структури віртуалізованого центру обробки даних мережі, дав змогу зменшити на 12% затримку у процесі пошуку маршруту у динамічно-змінній структурі ЦОД за рахунок врахування особливостей її топології.

2. Розроблено алгоритм балансування навантаження, який дав змогу зменшити тривалість обслуговування запитів у 3 рази та зменшити затримку передавання пакетів з кінця в кінець у 2,75 рази за рахунок врахування доступності фізичних ресурсів та використання віртуалізації мережних функцій.

3. На основі моделі розподілу мережних ресурсів між дата-центрами розроблено алгоритм, який дозволив зменшити завантаженість граничних маршрутизаторів мереж центрів обробки даних у 1,5 рази за рахунок більш ефективного використання ресурсів оптичної мережі між дата-центрами.

4. Розроблено алгоритм прокладання наскрізних тунелів між дата-центрами, що дало змогу зменшити затримку передавання пакетів з кінця в кінець у 2,92 рази за рахунок максимізації завантаженості оптичної несучої в оптичній телекомунікаційній системі зі спектральним ущільненням каналів.

5. Розроблено програмно-апаратний комплекс для надання композитних сервісів із гарантованим рівнем якості обслуговування, що забезпечило зменшення затримки надання сервісів на 70%.

Отримані в рамках дисертаційного дослідження результати дають змогу на етапі проектування мережі заздалегідь передбачити впровадження хмарних сервісів і адаптуватися до різноманітності і ускладнення їх структури з перспективою надання користувачам інфраструктури в якості сервісу (IaaS).

Основні результати дисертаційної роботи використані та впроваджені:

- у Львівській філії ПАТ "Укртелеком" для підвищення функціональності корпоративної мережі шляхом впровадження методів ефективного розподілу мережних ресурсів між дата-центрами;

- у ПП "Цифрові технології" для підвищення якості обслуговування абонентів у процесі надання розподілених хмарних сервісів; для підвищення коефіцієнта доступності композитних додатків на основі веб-сервісів;

- у навчальному процесі кафедри телекомунікацій Національного університету «Львівська політехніка» для модернізації курсів лекцій з дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі, ч.1», «Розподілені сервісні системи та Cloud-технології» та «Системне програмування інфокомунікацій».

Апробація результатів дисертації. Основні наукові результати і положення дисертації представлені, доповідались та всебічно обговорені на 16-ти міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях, наукових семінарах та симпозіумах: Міжнародній конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії» TCSET'2016, 2014 (м. Львів-Славське, 2016, 2014 pp.); Науково-технічній конференції «Проблеми телекомунікацій» (м. Київ, 2014, 2015, 2016 pp.); Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології» (м. Київ, 2015 p.); Міжнародній науково-технічній конференції «The

experience of designing and application of CAD Systems in microelectronics» CADSM'2015 (Поляна-Свалява, 2015р.); International Scientific-Practical Conference «Problems of Infocommunications, Science and Technology» PICS&T'2015 (м. Харків, 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Нові досягнення в галузі інформаційно-комунікаційних технологій» АІСТ-2015 (м. Львів, 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки», (м. Чернівці, 2014 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» (м. Одеса, 2014 р.); 69-й науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів (м. Одеса, 2014 р.); Науково-практичній та науково-методичній конференціях «Сучасні проблеми телекомунікацій і підготовка фахівців в галузі телекомунікацій» (м. Львів, 2014, 2013 рр.). Крім цього, дисертаційна робота представлена на науковому семінарі кафедри телекомунікацій Національного університету «Львівська політехніка».

Публікації. За результатами досліджень, які викладені у дисертаційній роботі, опубліковано 27 наукових праць, серед них 2 статті [1-2] у закордонних фахових виданнях, що індексуються міжнародними науково-метричними базами, 5 статей у фахових виданнях України [3-7], які індексуються міжнародними науково-метричними базами, 4 статті у фахових виданнях України за переліком МОН [8-11] та 16 публікацій [12-27] у збірниках праць міжнародних і всеукраїнських конференцій.

Особистий внесок здобувача. Всі результати наукових, теоретичних і практичних досліджень, які викладені в дисертації, одержані автором особисто. У працях, опублікованих у співавторстві, дисертантові належать: у роботах [1, 14, 22, 25] – розроблення методу балансування навантаження на основі інтегрованої системи управління ресурсами з використанням функції NVF; [2, 24] – створення імітаційної моделі надання хмарних послуг із оптимізацією часу надання сервісу з врахуванням структури ЦОД; [3, 10, 23] – розроблення методу оцінки доступності програмних компонент у системах із сервісно-орієнтованою архітектурою; [4, 12, 15, 20] – розроблення методу підвищення ефективності використання мережних ресурсів інформаційно-телекомунікаційних систем; [5, 11, 17, 21, 27] – розроблення алгоритму пошуку шляху за критерієм мінімальної затримки; [6, 7, 19] - створення тестової платформи мультисервісної телекомунікаційної мережі; [8, 9, 13, 16, 18, 26] – створення моделі надання сервісу з урахуванням особливостей віртуалізації центру обробки даних.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Загальний обсяг роботи складає 149 сторінок друкарського тексту, із них 7 сторінок вступу, 120 сторінок основного тексту, 60 рисунків, 10 таблиць на 12 сторінках, список використаних джерел зі 126 найменувань, додаток на 3 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У вступі розкрито сутність тематики дисертаційної роботи, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання дослідження, наведено наукову новизну, практичне значення, дані про особистий внесок здобувача, апробацію результатів роботи та публікації, вказано на зв'язок роботи з науковими програмами.

У першому розділі – «Аналіз методів побудови інфраструктури та моделей забезпечення якості обслуговування в мережах із сервісно-орієнтованою архітектурою» – проведено аналіз моделей надання сервісів у мережах із сервісно-орієнтованою архітектурою. Встановлено, що одним із ключових способів побудови

інфраструктури та взаємодії у таких мережах є «клієнт-серверна» модель, що дає змогу уникати прив'язки сервісних програм, які надаються, наприклад, у вигляді композитного сервісу, до архітектури апаратного забезпечення. Для розроблення та надання будь-якого типу композитного додатку доцільно використовувати розподілені системи на основі хмарних обчислень. В результаті аналізу обґрунтовано, що найважливішим компонентом у сервісно-орієнтованих мережах є центр обробки даних, який забезпечує оброблення інформації та створення необхідної інфраструктури, зокрема – на основі застосування ключових технологій віртуалізації та спільного використання ресурсів (multi-tenancy). Від роботи ЦОД безпосередньо залежить підтримка та забезпечення відповідного рівня якості обслуговування. Важливим аспектом у наданні послуг на основі інфраструктури, як сервісу, є оперативність надання сервісів, наявність вільних каналів для їх надання та необхідної смуги пропускання для задоволення потреб користувачів.

Для забезпечення гарантованої якості обслуговування кінцевим користувачам при передаванні їх запитів з кінця в кінець оптимальним варіантом є взаємна координація моделей інтегрованого (IntServ) та диференційованого (DiffServ) обслуговування. Така «гібридна» модель обслуговування дозволяє забезпечити гарантовану доставку сервісів з підтримкою необхідного рівня QoS (Quality of Service). За основний критерій якості обслуговування обрано параметр часу затримки передавання, що ґрунтується на рекомендаціях ІТУ-Т Y.1540. При цьому він виступає не лише, як основний показник при передаванні трафіку реального часу, але і як параметр, що найбільш повно відображає ефективність функціонування мережі.

Зростання потреби в інформаційно-комунікаційних застосуваннях реального часу, зокрема в рамках реалізації концепції IoT (Internet of Things), формує вимоги щодо зниження затримки наскрізного передавання інформації з одночасним підвищенням стійкості віртуальних топологій ЦОД, які утворюються дистанційно-векторними методами за умов різкого зростання динаміки потоків у сучасних гетерогенних мережах. Таким чином, в розділі обґрунтовано наукове завдання, яке полягає в забезпеченні якості надання послуг реального часу шляхом покращення часових параметрів надання композитних сервісів за допомогою методів балансування навантаження з одночасним підвищенням стійкості віртуальних топологій ЦОД для задоволення потреб користувачів сервісно-орієнтованих телекомунікаційних мереж у інфокомунікаційних застосуваннях реального часу.

У другому розділі – «Методи покращення параметрів якості надання послуг в мережах із сервісно-орієнтованою архітектурою» - запропоновано моделі, методи та алгоритми покращення параметрів якості надання послуг в мережах із сервісно-орієнтованою архітектурою.

Збільшення загальної затримки передавання даних композитного сервісу безпосередньо залежить від часу пошуку оптимального маршруту між його компонентами. Оскільки маршрут передавання змінюється внаслідок перевантажень та міграції віртуальних машин, то це призводить до збільшення часу пошуку каналів, по яких буде здійснюватися передавання. Як результат, відбувається збільшення загального часу передавання і виникнення додаткових затримок на інтерфейсах:

$$t_{nep} = \sum_1^n t_{комут.} + \sum_1^{n-1} t_{н.к.з.} + t_{обр.} \quad (1)$$

де n – кількість запитів; $t_{комут.}$ - час проходження запиту через систему комутації; $t_{н.к.з.}$ – час пошуку каналів, по яких буде здійснюватися передавання; $t_{обр.}$ – час оброблення

запиту, який є сумою тривалостей оброблення запиту композитним сервісом, що складається з k атомарних сервісів:

$$t_{обр.} = \sum_1^k t_{a.c.} \quad (2)$$

Для зменшення затримки надання сервісу у мережі з динамічно-змінною структурою, в дисертаційній роботі запропоновано модель надання сервісу на основі методу пошуку маршруту з урахуванням стійкості структури віртуалізованого центру обробки даних. Вона базується на оцінюванні ймовірності стійкості структури віртуалізованого ЦОД, із урахуванням інтенсивності запитів, що надходять до віртуальних машин (VM) та затримки запитів на надання компонентів сервісу при їх проходженні через мережні вузли. Це дає змогу, на підставі даних про стійкість структури в конкретні моменти часу, не здійснювати повторний перерахунок оптимального шляху передавання та забезпечити зменшення затримки при наданні сервісу з необхідним рівнем QoS.

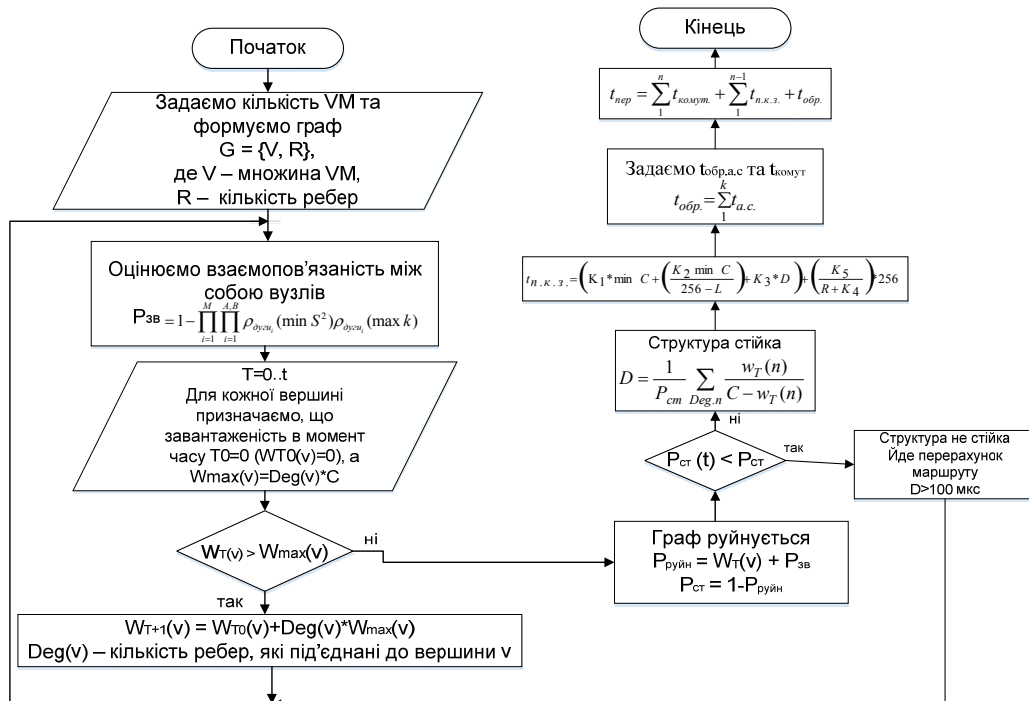


Рис. 1. Блок-схема алгоритму, що реалізує метод пошуку маршруту з урахуванням стійкості мережної структури віртуалізованого центру обробки даних

В основі запропонованого методу лежить спосіб розрахунку оптимального шляху передавання на основі даних про поширення інформації та зміни в топології мережі. Ці дані утворюють єдину метрику маршруту, яка виявляє компроміс між вибором оптимального маршруту та властивостями трафіку, оскільки ймовірність одночасного існування потоків запитів із максимальними вимогами щодо якості надання сервісу на маршрутах, які проходять через одні і ті ж вузли є низькою. Вибір маршруту передавання забезпечується найкращим показником загальної метрики, при цьому потенційний об'єм доступних ресурсів приймається набагато більшим від необхідного. Маршрутна метрика представляється у вигляді модифікованої метрики протоколу EIGRP, яка враховує поточну затримку передавання кожної компоненти сервісу на інтерфейсах мережних вузлів:

$$M = \left(K_1 * \min C + \left(\frac{K_2 * \min C}{256 - L} \right) + K_3 * D \right) * \left(\frac{K_5}{R + K_4} \right) * 256 \quad (3)$$

де K_i – коефіцієнти, які задає адміністратор мережі для коригування композитної метрики; $\min C$ – мінімальне значення пропускну здатності на оптимальному маршруті, по якому будуть надсилатися дані; L – завантаженість кожної ланки в мережі; D – сумарна затримка на інтерфейсах; R – коефіцієнт надійності шляху.

При передаванні запиту на надання сервісу в динамічно-змінній структурі аналізується наявність логічного маршруту, для якого значення затримки передавання кожної компоненти сервісу на інтерфейсах мережних вузлів t не перевищує встановлене порогове значення T . Якщо, внаслідок порушення стійкості структури такий маршрут відсутній – відбувається перерахунок комбінованої метрики, відповідно до значень затримки та встановлюється новий маршрут для передавання запитів. Це дає змогу більш строго контролювати тривалість пошуку каналів для передавання та, відповідно, підтримувати належний рівень QoS. Даний метод дозволяє зменшити час пошуку маршруту, не втрачаючи при цьому запитів та не збільшуючи загальний час їх передавання, оскільки адаптивно враховується зміна логічної топологічної структури мережної платформи.

Однією з найголовніших причин збільшення затримок при передаванні в сервісно-орієнтованих мережах є великі обсяги повідомлень, що передаються між сервісами та неефективний розподіл фізичних ресурсів для їх обслуговування. У роботі пропонується новий метод для ефективного розподілу фізичних ресурсів, що дає змогу підвищити ефективність балансування навантаження за допомогою реалізації інтегрованої сервісно-орієнтованої архітектури мережі з управлінням на основі технології віртуалізації мережних функцій (NFV). Суть методу полягає в оцінюванні максимального інтегрального показника доступних ресурсів сервера. Ці значення будуть передаватися в оркестратор (англ. Orchestrator), який у разі потреби здійснюватиме міграцію додатків на менш завантажені сервери. У випадку, якщо кількість запитів на той чи інший компонент буде невпинно зростати, то блок керування віртуальною інфраструктурою (VIM – Virtual Infrastructure Manager) може запустити виконання функцій NFV, що дасть змогу створити програмний аналог будь-якого фізичного мережевого пристрою та запустити на ньому оброблення запитів з метою якісного надання сервісу (див. рис. 2).

Особливість методу полягає у можливості балансування навантаження як на глобальному, так і на локальному рівнях роботи ЦОД. Це дозволить зменшити не тільки тривалість обслуговування запитів, а й частку втрачених запитів. Завдяки інтегральній оцінці обсягів доступних телекомунікаційних та програмно-апаратних ресурсів, запропонований метод дає змогу розвантажити найбільш завантажені сервери чи ЦОДи та зменшити затримки надання сервісу користувачам, і, відповідно, підвищити якість надання послуг.

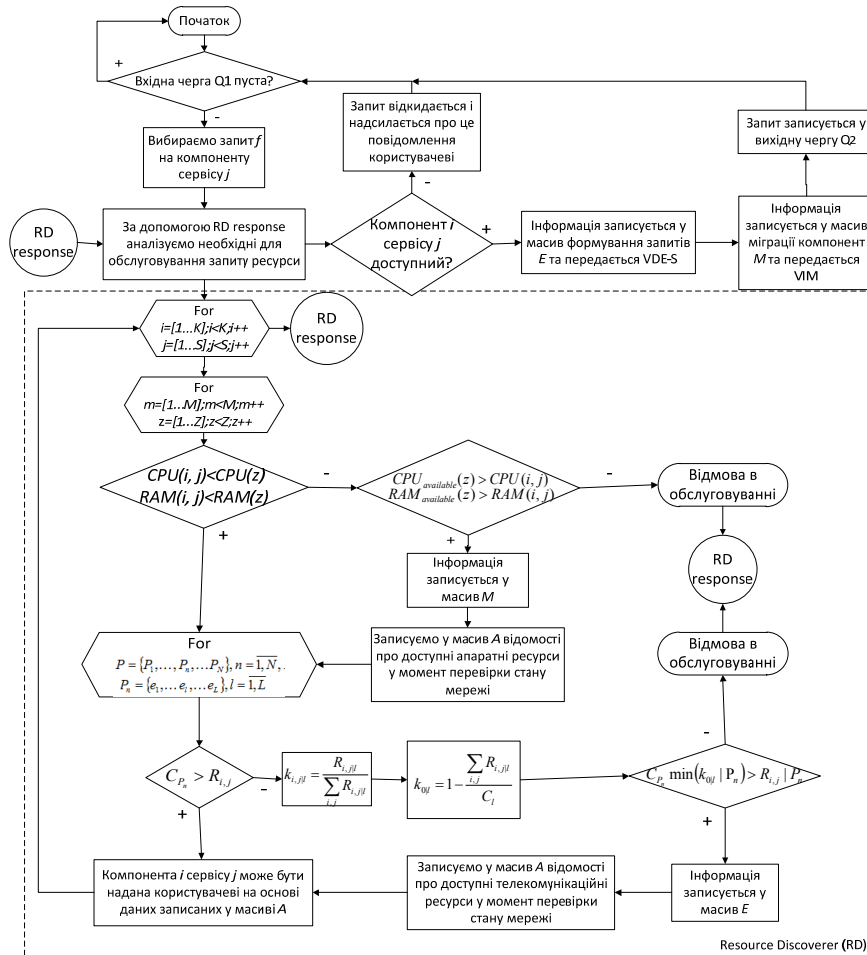


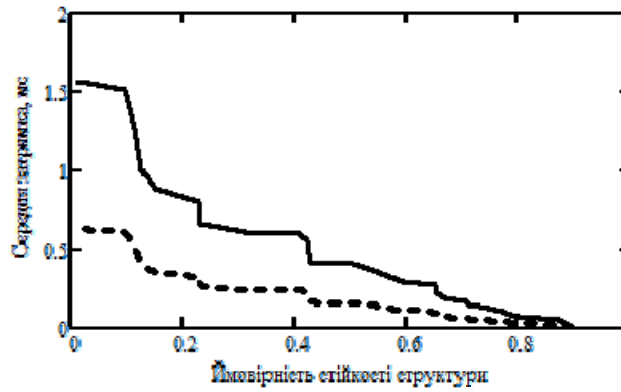
Рис. 2. Блок-схема алгоритму, що реалізує метод балансування навантаження з урахуванням доступності фізичних ресурсів та з використанням функцій мережевої віртуалізації

У третьому розділі – «Моделювання та дослідження розподілу інформаційних потоків в центрах обробки даних» – проведено моделювання структури центру обробки даних та інтегрованої системи управління з використанням віртуалізації мережних функцій. Досліджено ефективність застосування методу пошуку маршруту з урахуванням стійкості структури віртуалізованого ЦОД та методу балансування навантаження на основі моделювання і аналізу доступності компонентів сервісу.

Для моделювання процесу надання сервісу на основі методу пошуку маршруту з урахуванням стійкості структури віртуалізованого ЦОД розроблено програмну модель його структури. Динамічно змінна структура мережі центру обробки даних формалізувалась змінами граф-моделі. В якості вузлів у даній моделі виступали віртуальні машини, а в якості ребер – логічні канали, які з'єднують їх між собою.

Запити до віртуальних машин надсилаються за логнормальним законом розподілу (міжпакетний інтервал). Прийнято, що одна віртуальна машина надає лише один сервіс, а також володіє двома станами активним (1) чи пасивним (0). Кожному ребру властивий параметр «ваговий коефіцієнт», який вказує на його максимальну пропускну здатність (1...10 Мбіт/с), а відстань між вузлами (віртуальними машинами) – не більша 25 м.

В результаті моделювання одержано залежності, які представлені на рис. 3. Їх аналіз свідчить про зменшення затримок за умов стабільності структури мережі, що дало змогу пришвидшити процес надання сервісу кінцевому користувачу і забезпечити необхідний рівень QoS.



— до впровадження методу пошуку маршруту з урахуванням стійкості структури ;
 ---- із застосуванням методу пошуку маршруту з урахуванням стійкості структури

Рис. 3. Залежність ймовірності стійкості структури від середньої затримки

Після проведення моделювання процесу надання сервісу із застосуванням методу пошуку маршруту з урахуванням стійкості структури віртуалізованого ЦОД вдалося зменшити час затримки з 1,7 мс до 0,6 мс, що привело до пришвидшення процесу надання сервісу кінцевому користувачу.

В результаті можна говорити про загальне зменшення затримки та підвищення якості надання сервісів користувачам сервісно-орієнтованої мережі на 12% (див. рис. 4).

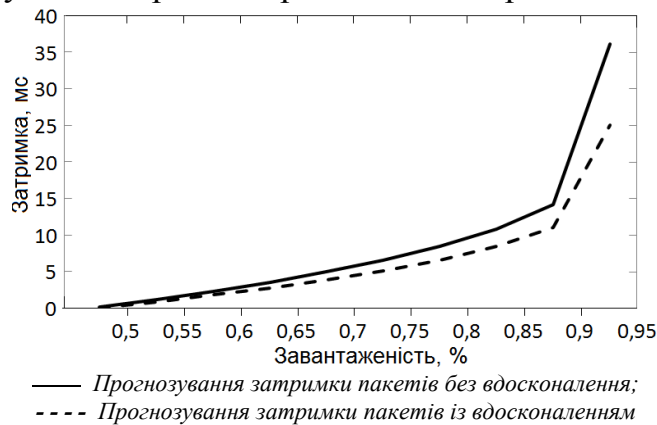
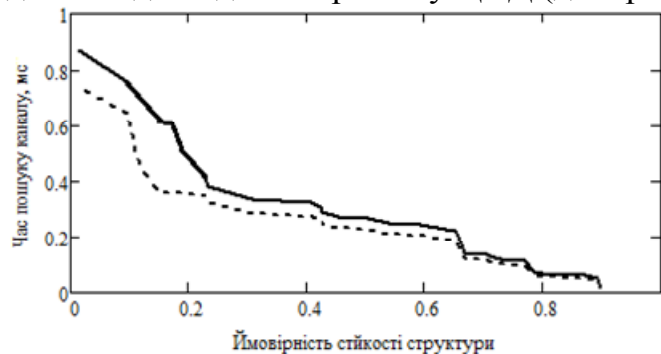


Рис. 4. Прогнозування тривалості затримки пакетів голосового сервісу дослідженої мережі з використанням запропонованого методу

В результаті моделювання встановлено, що при збільшенні ймовірності стійкості структури мережної платформи зменшується тривалість пошуку каналів, за якими буде здійснюватися передача запитів, що, в результаті, приведе до зменшення загальної затримки передавання даних відповідних сервісів у ЦОД (див. рис. 5).



— до впровадження методу пошуку маршруту з урахуванням стійкості структури;
 ---- із застосуванням методу пошуку маршруту з урахуванням стійкості структури

Рис. 5. Залежність тривалості пошуку каналів від ймовірності стійкості структури

Імітаційне моделювання сервісно-орієнтованої інфраструктури, в основу якої покладено модель розгортання віртуальних машин на фізичних серверах та надання сервісу із використанням методу балансування навантаження на основі аналізу доступності компонентів сервісу проводилося з використанням мови програмування C++ та середовища програмування Qt5.4. У мережі в ручному режимі задано набір сервісів, які розгортаються на створеній інфраструктурі, а запити до них надходять за логнормальним (інтервал надходження запитів) та експоненціальним (інтенсивність надходження) законами розподілу. Параметри цих сервісів подано у табл. 1.

Таблиця 1

Параметри сервісів

Назва композитного сервісу	Вимоги до обчислювальних ресурсів	Адреси атомарних сервісів
1	{59, 59, 59}	Instance 1 {1001, 2001, 3001}
2	{20, 20, 20}	Instance 2 {1002, 1003, 2002}
3	{20, 20, 20}	Instance 3 {2003, 3002, 3003}
4	{20, 20, 20}	Instance 4 {4001, 4002, 4003}
5	{20, 20, 20}	Instance 5 {4004, 5001, 5002}
6	{20, 20, 20}	Instance 6 {5003, 5004, 6001}

Інтенсивність надходження запитів на кожен із сервісів представлено на рис. 6.

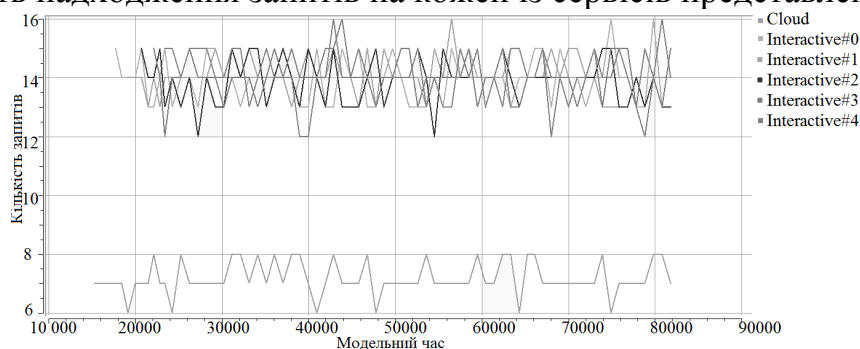


Рис. 6. Інтенсивність надходження запитів

У результаті моделювання встановлено, що другий тип сервісу обслуговується з найбільшою затримкою, а тривалість оброблення запитів на його надання в середньому близько 150 секунд модельного часу (рис. 7 а). Одна секунда модельного часу рівна одній мілісекунді реального часу моделювання сервісної системи. Після ввімкнення алгоритму балансування навантаження тривалість обслуговування запитів зменшилася з 150 до 55 мс (рис. 7 б).

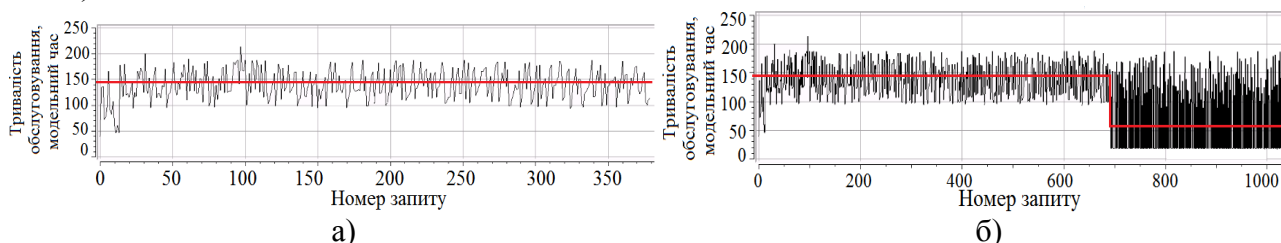


Рис. 7. Тривалість обслуговування запитів на надання кожного типу сервісу а) до застосування методу балансування навантаження; б) із застосуванням методу балансування навантаження

Із аналізу отриманих результатів випливає, що, завдяки інтегральній оцінці телекомунікаційних та програмно-апаратних ресурсів, запропонований метод дав змогу зменшити час затримки надання сервісу користувачам та розвантажити найбільш завантажені сервери. Це стає особливо важливим в умовах великої кількості доступних сервісів і зростання обсягів трафіку.

У четвертому розділі - "Практична реалізація системи надання композитних сервісів у розподілених дата-центрах сервісно-орієнтованих мереж" - розроблено програмно-апаратний комплекс надання композитних сервісів, який враховує особливості управління розподілом оптичних мережних ресурсів між ЦОД. Це дає змогу проводити моніторинг та управління завантаженістю транзитних каналів, здійснити розподіл смуги пропускання кожної хвили (логічного каналу) обраного фізичного каналу. Використання у даному комплексі запропонованої моделі надання сервісу, що базується на оцінці стійкості структури мережної платформи, а також інтегрованої архітектури системи управління ресурсами, в якій застосовано функції NVF дозволяє підтвердити адекватність отриманих результатів.

Розробка здійснювалася у навчальній лабораторії Навчально – технічного центру мережних технологій при Національному університеті «Львівська політехніка». На базі лабораторії створено дві підмережі із фізичних машин (серверів), які локально об'єднані в два різних центри обробки даних. В основу реалізації кожного окремо взятого сервера покладено модель розгортання віртуальних машин у розподіленому ЦОД та надання заданого переліку сервісів.

Загальний вигляд архітектури побудованої мережі представлений на рис. 8.

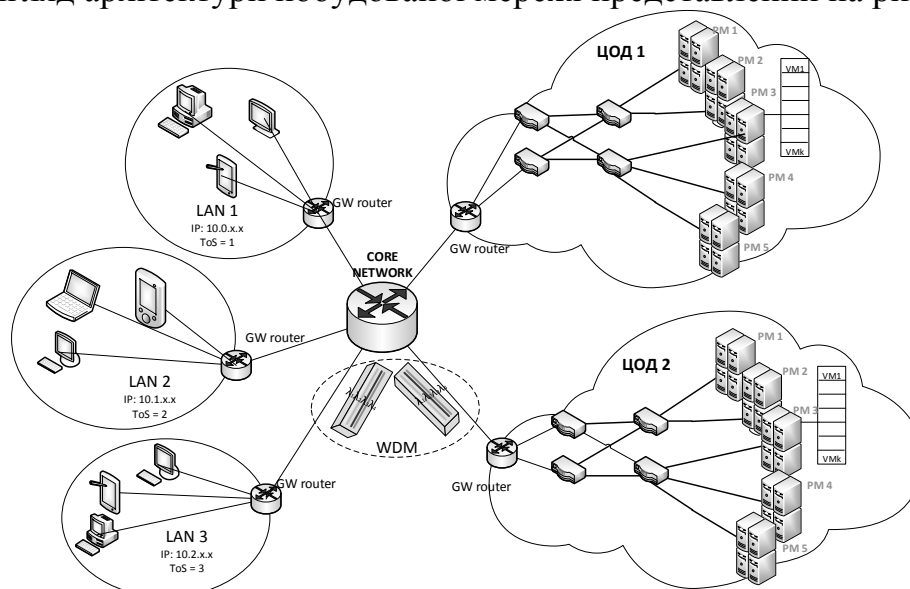


Рис. 8. Тестове середовище для надання композитних сервісів з використанням розподілених дата-центрів

Мережами, які підключені до даного ЦОД, є мережі студентських гуртожитків, мешканцям яких будуть надаватися хмарні сервіси. У зв'язку із неможливістю дослідження транспортної мережі в НТЦМТ розроблено програмну модель реальної системи WDM (Wavelength Division Multiplexing). Однак, у таких системах постає проблема відсутності методів моніторингу та управління завантаженістю каналів, оптимального розподілу смуги пропускання кожної хвили (логічного каналу) обраного фізичного каналу по якому здійснюється надання деякого типу сервісу (з набором компонент, які працюють на окремих VM).

Враховуючи можливості запровадження електричної комутації в оптичній площині, у роботі пропонується використання двох режимів передавання:

1) Стандартний. При даному режимі передавання пакети запитів на надання компонентів сервісу на граничному маршрутизаторі центру обробки даних групуються в блоки, в залежності від ЦОД призначення і передаються по оптичному тракту. На

кожному проміжному вузлі оптичного тракту здійснюється оптоелектронне перетворення для блоку запитів.

2) Прозорий. Сигнальна інформація передається для певної групи блоків, відкриваючи наскрізний оптичний канал на деякий визначений інтервал часу.

Враховуючи те, що між двома компонентами сервісу існує багато як фізичних, так і логічних каналів, а самі компоненти можуть бути розташовані у різних дата-центрах, пропонується модель управління мережними ресурсами. Її суть полягає у відкритті/прокладанні наскрізного тунелю між дата-центрами, на яких розташовані компоненти C_i та C_{i+1} , для об'єднання та перегруповування потоків запитів на надання цього сервісу. У випадку відкриття/прокладання нового каналу кожна пара комутаторів намагається максимально ущільнити потоки у довжинах хвиль та волокнах. Для визначення можливості прокладання наскрізного тунелю використовується протокол OSPF з модифікацією, відповідно до якої, оркестратор з ЦОД 1 на якому знаходиться компонент C_i у режимі пошуку оптимального маршруту до C_{i+1} отримує всі можливі доступні довжини хвиль для наскрізного передавання. Модифікація OSPF полягає у врахуванні довжини наскрізного каналу в метриці протоколу, що дасть змогу уникнути прокладання наскрізного каналу, довжина якого негативно вплине на показник відношення сигнал/шум та коефіцієнт бітових помилок (рис. 9).

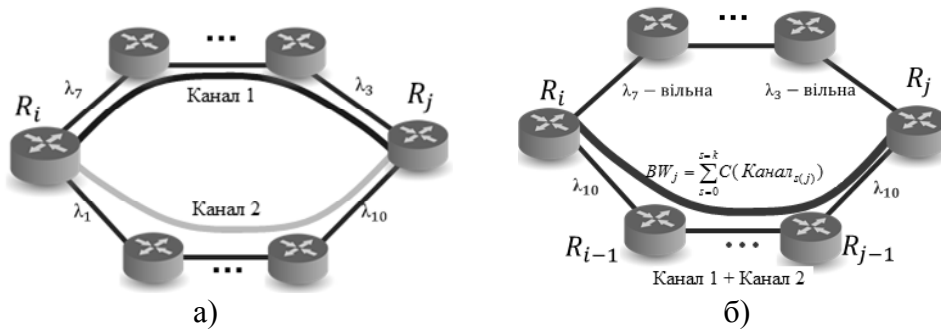


Рис. 9. Принцип передавання даних оптичною мережею розподілених ЦОД а) в стандартному режимі; б) при наскрізному передаванні

Алгоритм відкриття/закриття наскрізного каналу передавання представлений на рис. 10.

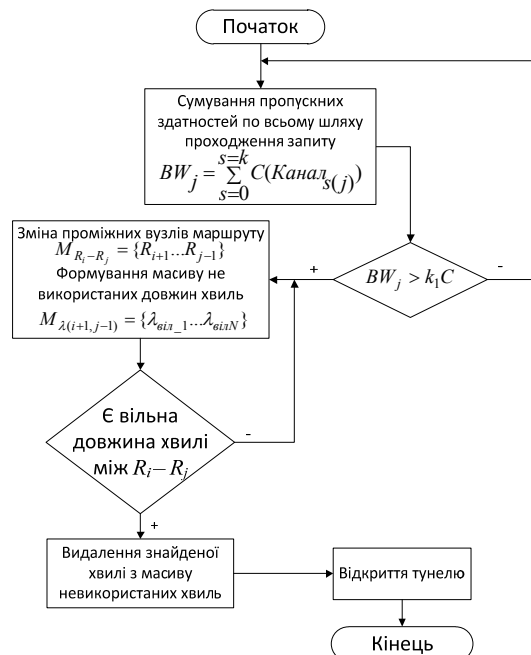


Рис. 10. Блок-схема алгоритму відкриття/закриття наскрізного каналу передавання в оптичній мережі ЦОД

Ефективність запропонованої моделі управління мережними ресурсами між ЦОД підтверджено за допомогою розробленої комп'ютерної моделі транспортної оптичної мережі, що з'єднує між собою шість територіально рознесених центрів обробки даних оптичними трактами по шість волокон кожен. З'єднання формуються по створеній користувачем матриці суміжності. Уведення системи управління оптичними ресурсами між ЦОД, в результаті моделювання, забезпечила суттєве зменшення завантаженості оптичного тракту мережі та його енергоспоживання, приблизно у 1,5 рази (див. рис. 11).

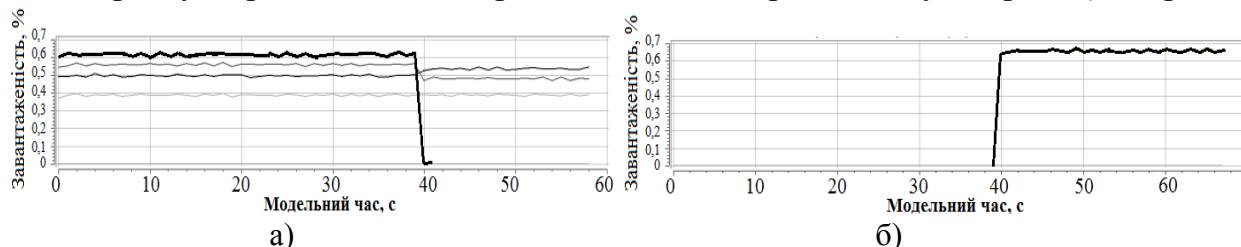


Рис. 11. Завантаженість оптичного тракту між двома вузлами (1 та 2) мережі для (а) першого та (б) другого волокон

Завдяки використанню алгоритму прокладання наскрізних тунелів, система управління розвантажила довжину хвилі, яка була завантажена більше, ніж на 60% та використала одну з вільних довжин хвиль для прокладання наскрізного тунелю. Перемикання в режим прозорого передавання дало змогу частково розвантажити найбільш завантажений вузол, що важливо в умовах передавання великої кількості запитів на одні і ті ж компоненти сервісу. Моніторинг якості обслуговування LSP 1 (рис. 12) показує, що після перемикання у прозорий режим передавання середня затримка пакетів «з кінця в кінець» зменшилася з 82 до 28 мс, тобто у 2,92 рази, що дає змогу пришвидшити процес оброблення запитів та зменшити час надання сервісу кінцевому користувачу.

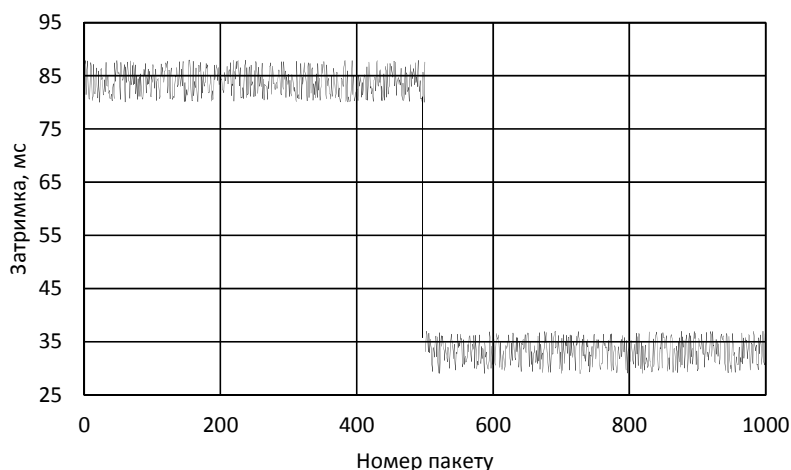


Рис. 12. Характеристика тривалості передавання трафіку у стандартному режимі передавання та після перемикання у режим прозорого передавання

Розроблений у дисертаційній роботі програмно-апаратний комплекс згідно архітектури представленої на рис.8 дозволяє створювати набір сервісів, які розгортаються на запропонованій інфраструктурі ЦОД та функціонують паралельно. Параметри цих сервісів подано у табл. 2.

Параметри сервісів розгорнутих на розробленій інфраструктурі ЦОД

Номер сервісу	Назва композитного сервісу	Кількість компонентів сервісу	Максимальний час обробки запиту на компоненту сервісу
Service 1	Docs online	2	100 мс
Service 2	Video streaming	2	400 мс
Service 3	Data Base	2	1 мс
Service 4	Mail	2	400 мс
Service 5	Computing	3	2 мс

При наданні створених сервісів користувачам мережі, оркестратором аналізується інтенсивність надходження запитів на кожен сервіс (рис. 13).

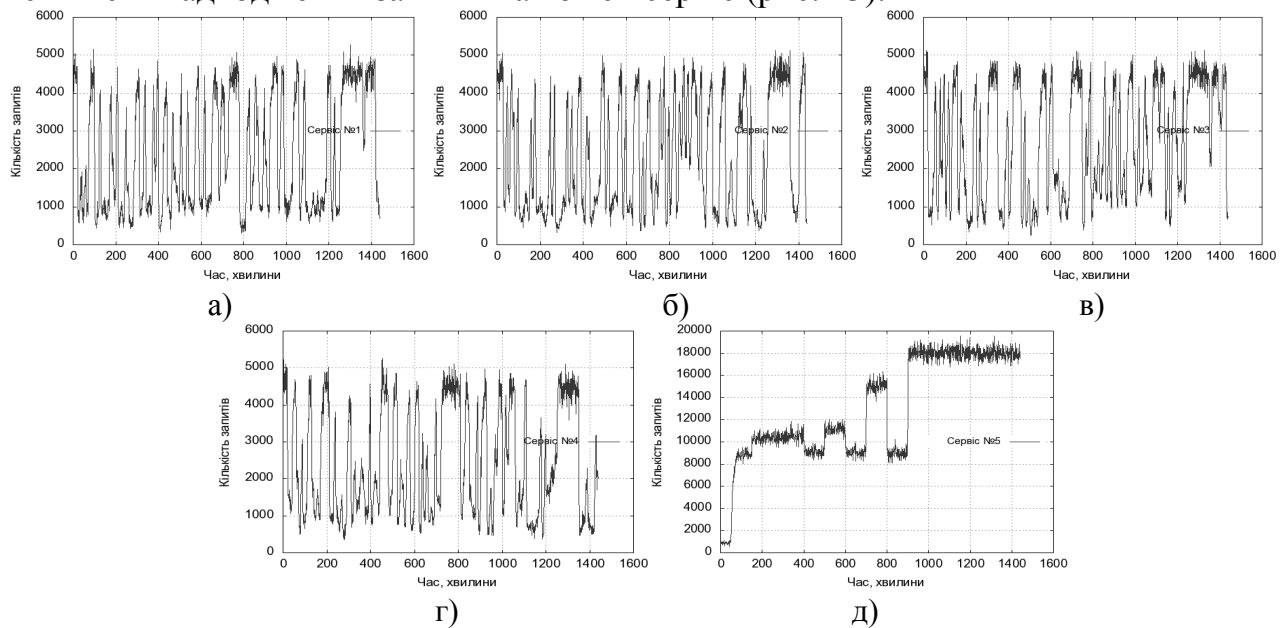
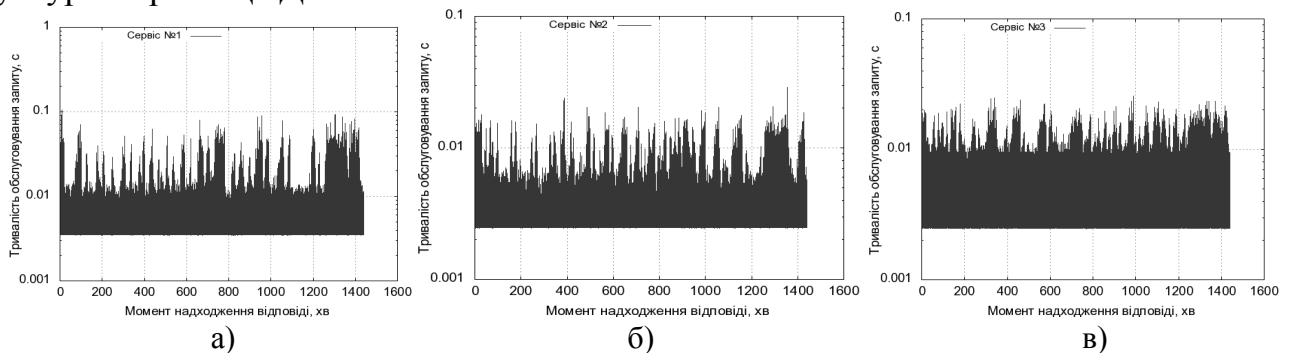


Рис. 13. Інтенсивність агрегованого навантаження: а) на перший сервіс; б) на другий сервіс; в) на третій сервіс; г) на четвертий сервіс; д) на п'ятий сервіс

Отримані залежності свідчать про перевантаженість віртуальних машин, на яких розміщені компоненти сервісу Computing (рис. 13 д). У випадку надходження додаткової кількості запитів збільшується тривалість їх обслуговування. З рис. 14 д видно, що для п'ятого сервісу затримка його надання вже після 100 хв. доступності сервісу перевищує свій максимально допустимий рівень відповідно до QoS та продовжує зростати по логарифмічному закону, отже підтверджується необхідність виконання ефективного балансування навантаження з урахуванням доступності компонентів та стійкості структури мережі ЦОД.



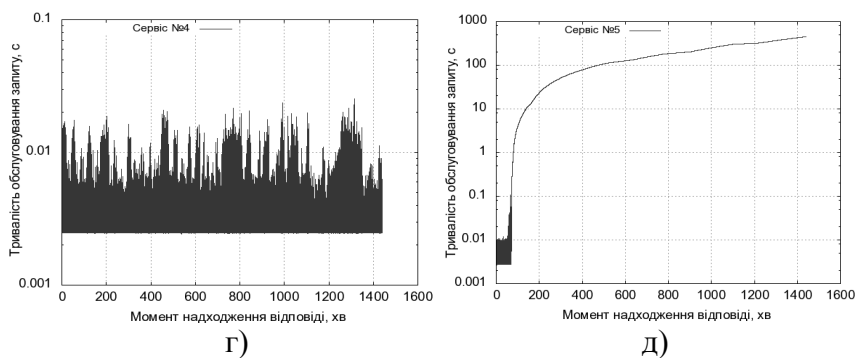


Рис. 14. Зміна тривалості обслуговування запитів: а) на перший сервіс; б) на другий сервіс; в) на третій сервіс; г) на четвертий сервіс; д) на п'ятий сервіс

Після запуску усіх розроблених у роботі рішень та завдяки інтеграції системи управління як на локальному, так і на глобальному рівні вдалося підтримувати необхідний рівень якості надання сервісів (в середньому на рівні 0,2 с). При детальному аналізі інтенсивності надходження запитів від користувачів на п'ятий сервіс та тривалості їх обслуговування, після застосування розроблених методів (див. рис. 15), видно, що за рахунок балансування навантаження затримка надання сервісу зменшувалася: на 77 хв. (рис. 15 а) затримка на надання сервісу зменшується з 1с до 0.02 с, на 178 хв - з 1с до 0.04 с, на 811 хв., 812 хв. (рис. 15 б) – з 3 с до 0,02с.

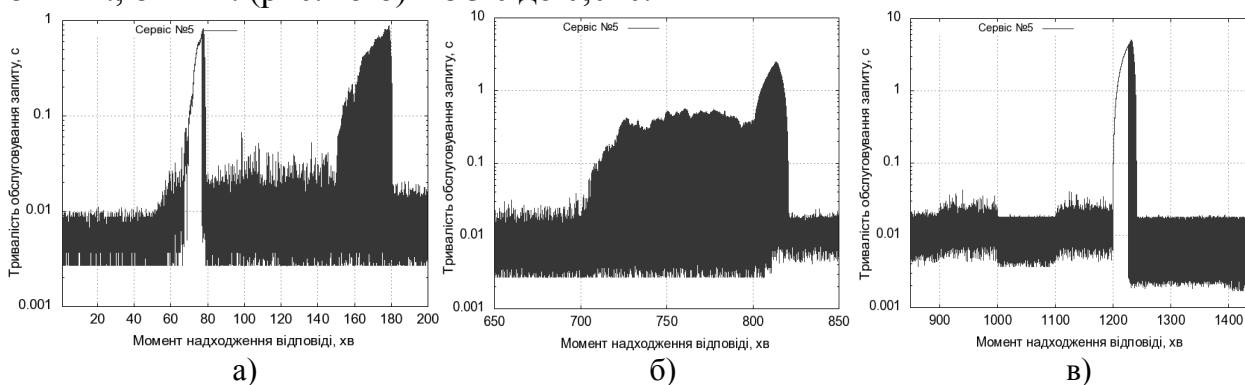


Рис. 15. Зміна тривалості надання п'ятого сервісу: а) на 77 хв.; б) на 812 хв.; в) на 1221 хв.

Отримані результати дозволяють підтвердити ефективність застосування методу балансування навантаження на основі урахування доступності фізичних ресурсів в межах одного ЦОД та методу локального розподілу оптичних мережних ресурсів при передаванні запитів на компоненти сервісу між центрами обробки даних з метою забезпечення користувачам мережі належного рівня QoS.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано наукове завдання покращення часових параметрів надання композитних сервісів з одночасним підвищенням стійкості віртуальних топологій ЦОД, які утворюються дистанційно-векторними методами в умовах різкого зростання різноманітності потоків у сучасних гетерогенних мережах для задоволення потреб користувачів у інформаційно-комунікаційних застосуваннях реального часу.

Основні результати роботи полягають у наступному:

1. Проаналізовано основні методи надання сервісів у мережах із сервісо-орієнтованою архітектурою. Встановлено, що взаємна робота IntServ та DiffServ моделей є оптимальним варіантом для забезпечення необхідної якості QoS при передаванні запитів із кінця в кінець. За основний критерій якості обслуговування обрано затримку

передавання, що ґрунтується на рекомендаціях ІТУ-Т У.1540. Встановлено, що при формуванні метрики на передавання компонентів сервісу не враховуються дані про віртуальну структуру мережі, що призводить до погіршення параметрів QoS у моменти міграції атомарних компонентів композитного сервісу.

2. З метою підвищення якості обслуговування та скорочення часу пошуку маршруту, що, беззаперечно, залежить від надійності окремих вузлів, запропоновано метод пошуку маршруту з урахуванням стійкості структури віртуалізованого центру обробки даних. Особливістю даного методу є компроміс між вибором оптимального маршруту та вимогами до параметрів QoS, оскільки імовірність одночасного існування потоків запитів із максимальними вимогами щодо якості надання сервісу на маршрутах, які проходять через одні і ті ж вузли, є низькою. Це дозволило враховувати не тільки особливості забезпечення різних показників QoS для різних класів трафіку, але і політику оператора з розподілу пріоритетів, відповідно до замовленого абонентом рівня якості.

3. Удосконалений метод пошуку маршруту з урахуванням стійкості структури віртуалізованого центру обробки даних дав можливість на 12% зменшити затримку у процесі пошуку маршруту передавання у динамічно змінній мережній структурі ЦОД за рахунок доповнення метрики маршрутизації інформацією про її топологічну структуру. Моделювання показало, що застосування методу приводить до зменшення середньої затримки на 35% та пришвидшення процесу надання сервісу кінцевому користувачу.

4. Розроблено метод балансування навантаження на основі віртуалізації мережних функцій та оцінювання доступності компонентів, який максимізує продуктивність розподіленої системи, в аспекті розподілу навантаження між вузлами, що взаємодіють за допомогою реалізації інтегрованої архітектури управління. Балансування навантаження здійснюється на основі аналізу інтегрального показника доступних ресурсів фізичних машин, за принципом «міграція додатків на менш завантажені сервери» і дає змогу, за допомогою реалізації інтегрованої архітектури управління з використанням технології NVF, зменшити тривалість обслуговування запитів у 3 рази. Балансування навантаження на основі інтегральної оцінки доступних телекомунікаційних та програмно-апаратних ресурсів дало змогу мінімізувати час затримки надання сервісу користувачам. Реалізація методу дає змогу, використовуючи міграцію компонентів сервісу, зменшити середню тривалість оброблення запитів та затримку пакетів з кінця в кінець у 2,75 рази.

5. Запропоновано модель та метод управління мережними ресурсами оптичної мережі між центрами обробки даних, який дав змогу покращити часові параметри якості обслуговування, за рахунок об'єднання та перегрупування потоків запитів, забезпечивши при цьому зменшення завантаженості оптичного мережного тракту у 1,5 рази. Алгоритм «прокладання наскрізних тунелів» дав змогу, методом максимізації завантаженості оптичної несучої, зменшити затримку передавання пакетів з кінця в кінець у 2,92 рази.

6. Розроблено програмно-апаратний комплекс надання композитних сервісів із гарантованим рівнем QoS, що дало змогу на практиці підтвердити ефективність запропонованих методів та алгоритмів, залучаючи при цьому не лише програмну складову, а й комплекс реального мережного обладнання. Завдяки вдалій інтеграції системи управління як на локальному, так і на глобальному рівні вдалося підтримувати необхідний рівень якості надання сервісів (в середньому на рівні затримки їх надання 0,2 с). Ефективне застосування методів балансування навантаження на основі оцінювання доступності фізичних ресурсів в межах одного ЦОД та локального розподілу оптичних ресурсів при передачі запитів на компоненти сервісу між центрами обробки даних дозволило зменшити затримку надання сервісу більше, ніж на 70%.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в журналах, що включені до міжнародних наукометричних баз даних:

1. Shpur O. Improving the Quality of Composite Services Through Improvement of Cloud Infrastructure Management // O. Shpur, M. Klymash, M. Seliuchenko, B. Strykhaliuk, O.Lavriv // International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS). - 2015. - Vol. 13. - No. 9 – P.36-44. (Index Copernicus)

2. Beshley M. SOA quality management subsystem on the basis of load balancing method using fuzzy sets // M. Beshley, M. Klymash, B. Strykhalyuk, O. Shpur, B. Bugil, I. Kagalo // International Journal of Computer Science and Software Engineering (IJCSSE). – 2015. - Volume 4. - Issue 1. – P.10-21. (Index Copernicus)

3. Demydov I.V. The structural-functional synthesis of cloud service delivery platform after service availability and performance criteria // I. V. Demydov, B. M. Strykhalyuk, O. M. Shpur, Mohamed Mehdi El Hatri, Yu.V. Klymash // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. / Х: Харк. ун-т Повітр. Сил ім. Івана Кожедуба. – 2015. - №1(126) - С. 144-149 (Index Copernicus)

4. Климаш М.М. Метод підвищення ефективності використання мережевих ресурсів інформаційно-телекомунікаційних систем // М.М. Климаш, О.М. Шпур, М.О. Селюченко, Б. В. Киричук, Т. В. Мельник // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» №818. Радіоелектроніка та телекомунікації. – Львів. - 2015.- С. 137-151. (Index Copernicus, Google Scholar)

5. Стрихалюк Б.М. Алгоритми пошуку шляху за критерієм мінімальної затримки для центру обробки даних // Б.М. Стрихалюк, О.М. Шпур, М.О. Селюченко, Т.В. Андрухів // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» №796. Радіоелектроніка та телекомунікації. – Львів. - 2014. - С.176-181. (Index Copernicus, Google Scholar)

6. Климаш М.М., Метод диференційованого мультипоточкового керування трафіком у транспортних програмно-керованих мережах // М.М. Климаш, О.М. Шпур, О.В. Багрій, А. Л. Швець // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» №796. Радіоелектроніка та телекомунікації. – Львів. - 2014. - С.60-68. (Index Copernicus, Google Scholar)

7. Strykhalyuk B., Service provisioning by using a structure stability algorithm in a virtualized data center based on cloud technology // B. Strykhalyuk, O. Shpur, A. Masiuk // Computational Problems of Electrical Engineering.- 2014. - Vol. 4. - №1. - P.81-87. (Index Copernicus)

Статті в журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України:

8. Klymash M. Features of the cloud services implementation in the national network segment of Ukraine / M. Klymash, I. Demydov, M. Beshley, O. Shpur // Information and telecommunication science. - К.: NTUU “KPI”, 2016. - No.1. - P.31-38.

9. Klymash M. The model for assessment the reliability of structures in virtualized data centers // M. Klymash, O. Shpur, I. Tchaikovskiy // Information and telecommunication science. - К.: NTUU “KPI”, 2015. - No.1. - P.33-37.

10. Стрихалюк Б.М. Визначення доступності програмних комплексів у системах із сервісно-орієнтованою архітектурою // Б.М. Стрихалюк, О.М. Шпур, М.О. Селюченко // Наукові праці ДонНТУ. Серія: обчислювальна техніка та автоматизація №2. - Донецьк – 2014. - (27) 2014. - С.109-120.

11. Климаш М. М. Модель надання сервісів на основі методу адаптації логічної структури cloud-системи // М.М. Климаш, Б.М. Стрихалюк, О.М. Шпур, М.І. Бешлей //

Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2014. – №5(33) - С. 27-36.

Публікації у матеріалах конференцій, що включені до міжнародних наукометричних баз даних:

12. Shpur O. The optimal distribution of optical resources between data centers for providing the required level of QoS / O.Shpur, B.Strykhalyuk, O.Marushko, I.Bolyubash // Modern problems of radio engineering, telecommunications, and computer science. Proceedings of the International Conference TCSET'2016 (Lviv-Slavske, Ukraine February 23 – 26, 2016) – Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic – 2016 - P. 649-651.(Scopus)

13. Strykhalyuk B. Synthesis of distributed service-oriented structures cloud networks is based on algorithm for determining hyperbolic virtual coordinates \ \ B. Strykhalyuk, O. Shpur, I. Demydov, Yu. Klymash \ \ Proceedings of XIIIth international conference "The experience of designing and application of CAD Systems in microelectronics" CADSM'2015. (24-27 February, Lviv-Poljana, Ukraine) – 2015. - P. 231-235. (Scopus)

14. Shpur O. Reliability of delivery services in cloud data centers \ \ O. Shpur, B. Strykhalyuk, M. Klymash \ \ Proceedings of XIIIth international conference "The experience of designing and application of CAD Systems in microelectronics" CADSM'2015. (24-27 February, Lviv-Poljana, Ukraine), 2015. - P.203-206. (Scopus)

15. Strykhaliuk B. Improving the method for load balancing of service flows based on local management of network resources in cloud systems // B. Strykhalyuk, O. Shpur, B. Kyrychuk // Second IEEE International Scientific-Practical Conference "Problems of Infocommunications. Science and Technology"(PICS&T'2015). Conference proceedings. (13-15 October, Kharkiv, Ukraine), 2015. - Kh:KHNURE, - P. 161-163. (Scopus)

16. Demydov I. Dynamic correction of routing metrics by pervasive structural routing in the scalable distributed service networks // I. Demydov, O. Shpur, Mohamed Mehdi El Hatri // Second IEEE International Scientific-Practical Conference "Problems of Infocommunications. Science and Technology"(PICS&T'2015). Conference proceedings. (13-15 October, Kharkiv, Ukraine), 2015. - Kh:KHNURE, - P. 164-166. (Scopus)

17. Klymash M. Comparative analysis of methods for describing topological structures of cloud networks // O. Shpur, B. Strykhalyuk, M. Klymash // Modern problems of radio engineering, telecommunications, and computer science Proceedings of the International Conference TCSET'2014 Dedicated to the 170th anniversary of Lviv Polytechnic National University (Lviv-Slavske, Ukraine February 25 – March 1, 2014) – Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic – 2014 - P.50-53. (Scopus)

Публікації у матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій:

18. Демидов І.В. Впровадження хмарних сервісних систем в національному мережному сегменті України / І.В. Демидов, О.М. Шпур // X Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій» ПТ-2016: Збірник матеріалів конференції (19-22 квітня 2016р. м. Київ), 2016. - К.: НТТУ «КПІ» – С. 342-344.

19. Klymash M.M. The features of cloud service delivery platform structural-functional synthesis / M.M. Klymash, I.V. Demydov, O.M. Shpur, Z.V. Kharkhalis // Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології»: матеріали науково-технічної конференції (17-20 листопада 2015 р. м.Київ), 2015.– К:ДУТ - Т.3 – С. 19-21.

20. Buhil B. Improving the effectiveness of data transfer in IP/MPLS network // B. Buhil, O.Shpur, T. Melnyk // 1st International Conference "Advanced Information and Communication

Technologies"(АІСТ'2015). Conference proceedings. (29 October – 01 November, Lviv, Ukraine), 2015.- L. – P. 83-86.

21. Лаврів О. Дистанційний моніторинг параметрів місця вчинення злочину з використанням мобільних технологій // О. Лаврів, Б. Стрихалюк, О. Шпур, Т. Максимюк // 1st International Conference "Advanced Information and Communication Technologies"(АІСТ'2015). Conference proceedings. (29 October – 01 November, Lviv, Ukraine), 2015. - L. – P. 67-69.

22. Стрихалюк Б.М. Метод балансування навантаження на основі інтегрованої архітектури управління з використанням функції NVF / Б.М. Стрихалюк, О.М. Шпур, М. О. Селюченко // ІХ Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій» ПТ-2015: Збірник матеріалів конференції.-К.: НТТУ «КПІ». -2015. – С. 322-325.

23. Демидов І.В., Доступність композитних застосувань у сервісно-орієнтованих системах // О.А. Лаврів, О.М. Шпур, М. О. Селюченко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: матеріали ХІІ Міжнародній науково-технічній конференції (6-12 червня 2014 р. м. Одеса), 2014. - С.119-122.

24. Стрихалюк Б.М., Метод оптимізації часу надання сервісу з врахуванням структури ЦОД для мереж з cloud технологією// Б.М. Стрихалюк, О.М. Шпур // Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки: матеріали ІV Міжнародній науково-практичній конференції (23-25 жовтня 2014 р. м. Чернівці), 2014р. - С.112-113.

25. Стрихалюк Б.М., Віртуалізація мобільних систем зв'язку на основі технології NFV та моделей cloud-сервісів // Б.М. Стрихалюк, О.М. Шпур, А.Р. Масюк // Сучасні проблеми телекомунікацій та підготовка фахівців в галузі телекомунікацій: матеріали конференції (30 жовтня – 02 листопада 2014 р. м. Львів), 2014р. - С.21-24

26. Яремко О.М., Дослідження методів розподіленого передавання даних в безпроводних мережах доступу// О.М. Яремко, П.О. Гуськов, О.М. Шпур // Сучасні проблеми телекомунікацій та підготовка фахівців в галузі телекомунікацій: матеріали конференції (30 жовтня – 02 листопада 2014 р. м. Львів), 2014р. - С.179-183.

27. Климаш М.М. Забезпечення якості обслуговування в мультисервісних мережах на основі гібридних моделей // М.М. Климаш, М.І. Бешлей, О.М. Шпур, Б.А. Бугиль // 69-та науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів: матеріали конференції (3-5 грудня 2014 р. м.Одеса), 2014р.- ч.2 – С.96-99.

Анотація

Шпур О.М. Підвищення якості надання композитних сервісів у мережах із сервісно-орієнтованою архітектурою. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. – Національний університет "Львівська політехніка", Львів, 2016.

У дисертаційній роботі розв'язано актуальне наукове завдання – покращення часових параметрів надання композитних сервісів з одночасним підвищенням стійкості віртуальних топологій ЦОД, які утворюються дистанційно-векторними методами за умов різкого зростання динаміки потоків у сучасних гетерогенних мережах для задоволення потреб користувачів у інформаційно-комунікаційних застосуваннях реального часу. Досліджено основні методи надання сервісів у мережах із сервісно-орієнтованою

архітектурою. Встановлено, що взаємна робота IntServ та DiffServ моделей є оптимальним варіантом для забезпечення необхідної якості QoS при передаванні запитів із кінця в кінець. За основний критерій якості обслуговування обрано затримку передавання, що ґрунтується на рекомендаціях ІТУ-Т Y.1540. Встановлено, що при формуванні метрики для передавання компонентів сервісу не враховуються дані про віртуальну структуру мережі, що призводить до погіршення параметрів QoS у моменти міграції атомарних компонентів композитного сервісу. З метою підвищення якості обслуговування та скорочення часу пошуку маршруту, що беззаперечно залежать від надійності окремих вузлів, запропоновано методи покращення параметрів якості надання послуг в мережах із сервісно-орієнтованою архітектурою, що враховують стійкість структури ЦОД, максимізують продуктивність розподіленої системи, в аспекті розподілу навантаження між хостами, що взаємодіють як на локальному, так і глобальному рівнях. Це дозволило враховувати не тільки особливості забезпечення різних показників QoS для різних класів трафіку, але і політику оператора з розподілу пріоритетів обслуговування, відповідно до замовленого абонентом рівня якості. Розроблено метод локального розподілу мережних ресурсів між дата-центрами на основі об'єднання та перегруповування потоків запитів, що дало можливість покращити часові параметри процесу передавання даних, забезпечивши при цьому зменшення завантаженості мережного пристрою.

Ключові слова: затримка, QoS, SOA, розподіл ресурсів.

Аннотация

Шпур О.Н. Повышение качества предоставления композитных сервисов в сетях с сервисно-ориентированной архитектурой. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети. - Национальный университет "Львівська політехніка", Львов, 2016.

В диссертационной работе решена актуальная научная задача - улучшения временных параметров предоставления композитных сервисов с одновременным повышением устойчивости виртуальных топологий ЦОД, которые образуются дистанционно-векторными методами в условиях резкого роста динамики потоков в современных гетерогенных сетях для удовлетворения потребностей пользователей в информационно-коммуникационных приложениях реального времени. Определено, что взаимное применение IntServ и DiffServ моделей является оптимальным вариантом для обеспечения необходимого качества QoS при передаче запросов из конца в конец. Основным критерием качества обслуживания выбрана задержка передачи, основываясь на рекомендациях ІТУ-Т Y.1540. Выявлено, что при формировании метрики на передачу компонентов сервиса не учитываются данные о виртуальной структуре сети, что приводит к ухудшению параметров QoS в моменты миграции атомарных компонентов композитного сервиса. С целью повышения качества обслуживания и сокращения времени поиска маршрута, которые, безусловно, зависят от надежности отдельных узлов, предложены методы улучшения параметров качества предоставления услуг в сетях с сервисно-ориентированной архитектурой, которые учитывают устойчивость структуры ЦОД, максимизируют производительность распределенной системы, в аспекте распределения нагрузки между взаимодействующими хостами как на локальном, так и на глобальном уровнях. Это позволило учитывать не только особенности обеспечения различных показателей QoS для различных классов трафика, но и политику оператора по распределению приоритетов обслуживания, в соответствии с заказанным абонентом

уровня качества. Разработан метод локального распределения сетевых ресурсов между дата-центрами на основе объединения и перегруппировки потоков запросов, что позволило улучшить временные параметры процесса передачи данных, обеспечив при этом уменьшение загруженности сетевого устройства.

Ключевые слова: задержка, QoS, SOA, распределение ресурсов.

Abstract

Shpur O.M. Increasing the quality of composite services in the networks with service-oriented architecture. – On the rights of the manuscript.

A thesis submitted in fulfilment of the PhD degree in technical sciences on specialty 05.12.02 – telecommunication systems and networks. – Lviv Polytechnic National University, Lviv, 2016.

The thesis solves an actual scientific problem of improvement the time parameters of composite services while increasing the stability of virtual data center topologies, which are formed by distance vector methods for modern heterogeneous networks with rapid data flow dynamic growth to satisfy the needs in information and communication real-time applications for subscribers.

The basic methods of providing services in the networks of service-oriented architecture are analyzed. Established that the mutual operation of IntServ and DiffServ models is the best solution to ensure the required quality when transmitting QoS requests from end to end. For the main criterion of quality of service was chosen transmission delay based on the recommendations of the ITU-T Y.1540. It was established that the formation of the metric components for transmission service there are not captured information about a virtual network structure, leads to deterioration of QoS parameters in the migration aspects of atomic components of the composite service. To improve service quality and reduce routing time, that implicitly depends on the reliability of individual units the methods of service quality parameters improvement in networks with service-oriented architecture were proposed, which consider the stability of the data centers structure and maximizing the productivity of distributed systems in terms of load distribution between the interacting hosts in both local and global levels. This will consider not only features for providing various QoS parameters for different classes of traffic, but also the operator's policy of the service priorities distribution per the quality level requested by subscriber. In this thesis, has been designed the method of local resources distribution between data centers through consolidation and realignment of flows requests, making it possible to improve the timing parameters of the data transmission process, ensuring the reduction of network device congestion.

Keywords: delay, QoS, SOA, resource allocation.

Підписано до друку 10.01.2017р. Папір офсетний. Гарнітура Times.

Формат 60x84/16. Умов друк. арк. 0,9. Наклад 120 прим. Зам. №

Друк СПДФО Марусич М.М. Свідоцтво №1252 від 30.12.1996

м. Львів, пл. Осмомисла, 5/11

тел./факс: (032) 261-51-31.

e-mail: interpret-m@rambler.ru

