

Б.М. Стрихалюк, О.М. Шпур, М.О. Селюченко, Т.В. Андрухів  
Національний університет “Львівська політехніка”

## АЛГОРИТМИ ПОШУКУ ШЛЯХУ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМАЛЬНОЇ ЗАТРИМКИ ДЛЯ ЦЕНТРІВ ОБРОБКИ ДАНИХ

© Стрихалюк Б.М., Шпур О.М., Селюченко М.О., Андрухів Т.В., 2014

Запропоновано використовувати алгоритм пошуку шляху за критерієм мінімального часу проходження, в основу якого покладено спосіб розрахунку оптимального шляху передавання на основі даних про поширення інформації та зміни в топології мережі, для зменшення часу обслуговування (обробки) запитів, які надходять на обслуговування до центру обробки даних, з урахуванням топологічної структури такого центру.

Ключові слова: cloud, ЦОД, час надання сервісу.

B.M. Strykhalyuk, O.M. Shpur, M.O. Seliuchenko, T.V. Andrukhiv  
Lviv Polytechnic National University

## ALGORITHMS OF THE ROUTE SEARCH BASED ON CRITERIA OF MINIMUM DELAY FOR DATA CENTER

© Strykhalyuk B.M., Shpur O.M., Seliuchenko M.O., Andrukhiv T.V., 2014

This paper is devoted to the problem of increasing of services provisioning speed in networks with cloud technology. Under the services provisioning speed it is meant ensuring of the lowest service provisioning latency, i.e. decreasing processing time of the requests, which are arriving for the service to the data-center. Data-center has to ensure a unified information resource with guaranteed levels of authenticity, availability and security of the data. In cloud networks data-centers contain not only the storage servers but also a physical servers, which provide services and process requests. Each such server can contain from one to a few virtual machines, which are able to satisfy requests using appropriate components or applications for service provisioning. Redirection of the requests to the other logical or sometimes physical channels will impact on the general service provisioning time.

In order to decrease serving time of the requests that arrive to the data-center and considering the data-centers topology structure the algorithm of the route search based on criteria of minimal processing time is proposed. The algorithm calculates optimal transferring route based on the information about information spreading and network topology changes. This algorithm allows taking into consideration not only the load in each channel but also a total latency of the interfaces, what allows increasing optimal route search speed under the changeable network structure. This in turn will cause decreasing requests processing time for users under the dynamic changing structure of the data-center.

Key words: cloud, data center, time of service.

**Вступ.** З кожним днем зростає кількість тих, хто користується Всесвітньою мережею. Чи це школяр на уроках інформатики, чи директор великої корпорації, що вирішує ділові питання, чи просто пересічний перехожий зі свого ноутбука чи смартфона намагається обмінюватися інформацією в соціальних мережах – кожен з нас не уявляє свого життя без обміну інформацією. Однак обмеженість апаратних чи програмних ресурсів змушує нас звужувати коло наших інформаційних “запитів”. Вирішити проблему нестачі ресурсів покликані cloud мережі, які надають користувачам чи програмні, чи апаратні ресурси, чи навіть цілі платформи, як-от інтернет-сервіс [1].

**Актуальність і постановка проблеми.** Споживачі хмарних обчислень можуть значно зменшити витрати на інфраструктуру інформаційних технологій (у короткостроковому і середньостроковому планах) і швидко реагувати на зміни обчислювальних потреб, використовуючи властивості обчислювальної еластичності хмарних послуг. Користувачам хмари надаються необхідні сервіси віддалено за допомогою технології віртуалізації. Користувач має доступ до власних даних, але не може управляти і не повинен піклуватися про інфраструктуру, операційну систему і власне програмне забезпечення, з яким він працює. Проте важливим аспектом у наданні cloud-послуг є швидкість надання цих сервісів, наявність вільних каналів для їх надання та необхідної смуги пропускання для задоволення потреб користувачів. Стрімкий розвиток цих інфокомунікаційних мереж ставить все більші вимоги до провайдерів послуг [2]. Тому актуальні питання щодо пришвидшення надання сервісів. Під швидкістю надання сервісів розуміють забезпечення якнайменшого часу надання сервісу, тобто зменшення часу обслуговування (обробки) запитів, які надходять на обслуговування до центру обробки даних.

Центр обробки даних – це цілий комплекс інженерних та ІТ-систем, який є невід’ємною частиною безлічі телекомунікаційних структур, він повинен забезпечити єдиний інформаційний ресурс з гарантованими рівнями достовірності, доступності та безпеки даних. У хмарних мережах центри обробки даних містять не тільки сервери зберігання даних, але й фізичні сервери, які здійснюють обробку запитів та надання сервісів. На кожному такому сервері може міститися від однієї до кількох десятків віртуальних машин, які здатні обробляти та задовольняти відповідними компонентами чи додатками запити на надання сервісу. Однак логічна топологічна структура таких центрів обробки даних дуже нестійка і може змінюватися динамічно, особливо у разі міграції віртуальних машин з одного сервера на інший або й навіть на інший ЦОД. Під міграцією розуміють можливість “вимкнути” VM в одному фізичному сервері, потім виконати, якщо цього не було зроблено заздалегідь, підготовчі операції, пов’язані з перенесенням набору даних, що відповідає цій VM, в інший фізичний сервер, і “ввімкнути” VM на іншому фізичному сервері, тобто здійснити її ініціалізацію з присвоєнням, найчастіше іншої IP-адреси [3]. Перенаправлення запитів на інші логічні, а й часом і фізичні канали, впливатиме на загальний час надання сервісу. Тому така “нестійка” структура ЦОД вноситиме затримки в обслуговування запитів на надання сервісу. Отож, постає проблема зменшення часу обслуговування (обробки) запитів, які надходять на обслуговування до центру обробки даних, з урахуванням топологічної структури такого центру.

**Аналіз структури ЦОД.** Звичайний центр обробки даних умовно має три основні рівні (згідно з ТІА/ЕІА-942)[4]:

- MDA/Main Distribution Area – головна розподільна підсистема, забезпечує інтерфейс доступу до ЦОД і розподіляє трафік головної магістралі по внутрішніх магістралях. До неї входить кінцеве обладнання операторів зв’язку, маршрутизатори, магістральні комутатори тощо;
- HDA/Horizontal Distribution Area – горизонтальна розподільна підсистема, направляє трафіки внутрішніх магістралей по локальних лініях (завдовжки не більше за 100 м), що виходять в апаратні зони (стійки);
- EDA/Equipment Distribution Area – підсистема розведення по обладнанню, що доставляє трафік в робочі області до серверів. Для обслуговування областей, де потрібні часті переконфігурації, можуть використовуватися зонові сегменти з вузлами консолідації (ZDA).

Центри обробки даних таких мереж, як cloud, дещо відрізняються. У їх структурі ці рівні є дещо нечіткими і взаємопоглинаються. Характерними ознаками хмарного ЦОД є консолідація і віртуалізація серверів, наявність гіпервізора і високий рівень автоматизації управління обчислювальною інфраструктурою [5]. Хмарний ЦОД логічно складається з п’яти основних рівнів (рис. 1):

- рівня агрегації;
- рівня доступу;
- рівня додатків;
- рівня зберігання даних;
- рівня оптичних каналів.

З погляду логічної топології “зовнішні” сервери головної розподільної підсистеми логічно відокремлені від серверів додатків підсистеми HDA, які теж відокремлені від серверів підсистеми EDA [6]. Трафік передається спочатку від клієнта до “зовнішнього” сервера, потім від “зовнішнього” сервера до сервера додатків і, нарешті, від сервера додатків до сервера бази даних. Логічне розділення передбачає, що кожен рівень є особливою функціональною зоною і має свої логічні канали.

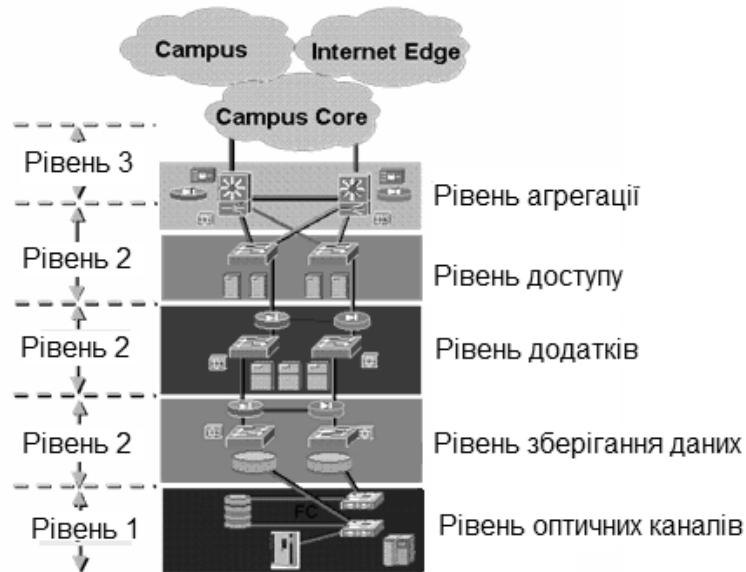


Рис. 1. Логічна топологія ЦОД cloud мережі

Запит на надання сервісу по фізичних каналах передається на рівень агрегації, де система управління здійснює пошук і виділення необхідних ресурсів для його обслуговування. Під ресурсами розуміють наявність вільних фізичних серверів з необхідним користувачеві ПЗ. На рівні доступу на основі даних про вільні фізичні та логічні канали система виділення ресурсів знаходить необхідні ресурси і здійснюється опрацювання запитів на доступ до необхідного сервісу. Між рівнем доступу та рівнем додатків за допомогою алгоритму маршрутизації здійснюється виділення і передавання по фізичних каналах, а також запускається алгоритм пошуку логічних каналів для доступу до віртуальних машин. Зазначимо, що на одній фізичній машині може міститися до декількох десятків віртуальних машин, які мають здатність виконувати лише один тип програмного комплексу. Доступ та пошук оптимального як фізичного, так і логічного шляху передавання до програмних комплексів на віртуальних машинах для надання сервісу здійснюється за допомогою алгоритму мінімального зв'язного дерева. Однак такий алгоритм здійснює автоматичне блокування надлишкових у цей час зв'язків для повної зв'язності портів і, як наслідок, не може забезпечити належної якості сервісу. До того ж таке блокування зв'язків може призвести до великої кількості втрачених запитів, а велика надлишковість службової інформації спричиняє не лише завантаженість каналів, а й збільшення часу надання сервісу. Вибір маршрутів повинен враховувати виділений ресурс у фізичній структурі та зіставляти його з вимогами потоків, тобто контролювати завантаженість. Якщо цієї вимоги не дотримуватись, неефективно використовується доступний ресурс або погіршується якість сервісу для потоків. Метрика цього алгоритму враховує завантаженість лише “центральної” (на які здійснюється найбільша кількість запитів) фізичних машин і не аналізує структуру інших з'єднань, тобто не має здатності щоразу аналізувати логічну топологію між віртуальними машинами. Такий аналіз стає необхідним особливо в разі міграції віртуалізованих частин центру обробки даних з одного сервера на інший.

**Застосування алгоритму пошуку шляху за критерієм мінімального часу проходження за змінної структури ЦОД.** Нехай сервіс є об'єктом для надання послуги клієнтам cloud мережі, основною характеристикою якого є тривалість обробки запиту  $t_{обр}$ . Розглянемо атомарний сервіс – сервіс, реалізований однією програмою, яка встановлена на одній віртуальній машині. Якщо

встановлено декілька атомарних сервісів на одній фізичній машині, продуктивність таких сервісів зменшується, оскільки доступ сервісів до ресурсів фізичної машини відбувається за методом часового розділення. Тому в разі збільшення кількості сервісів на одній РМ, зростання інтенсивності надходження запитів на РМ та збільшення інтенсивності надходження запитів на кожен сервіс збільшується тривалість обслуговування запитів кожним сервісом. У випадку зменшення продуктивності сервісу система керування переносить цей сервіс на іншу VM чи РМ. Логічна топологія не змінюється, але дані проходять по інших фізичних каналах. В такому випадку загальний час передавання сервісу від користувача до ЦОД і в зворотному напрямі розраховуватиметься так:

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

де  $n$  – кількість запитів;  $t_{комут.}$  – час проходження запиту через систему комутації;  $t_{н.к.з.}$  – час пошуку каналів, по яких буде здійснюватися передача;  $t_{обр.}$  – час обробки запиту, який є сумою часів обробки запиту сервісом, який складається з  $k$  атомарних сервісів:

$$t_{обр.} = \sum_1^k t_{a.c.}$$

Оскільки оптимальний шлях передачі змінюється, то це призводить до збільшення часу пошуку каналів, по яких здійснюватиметься передача –  $t_{н.к.з.}$ , що, своєю чергою, призведе до збільшення загального часу передачі (рис. 2).

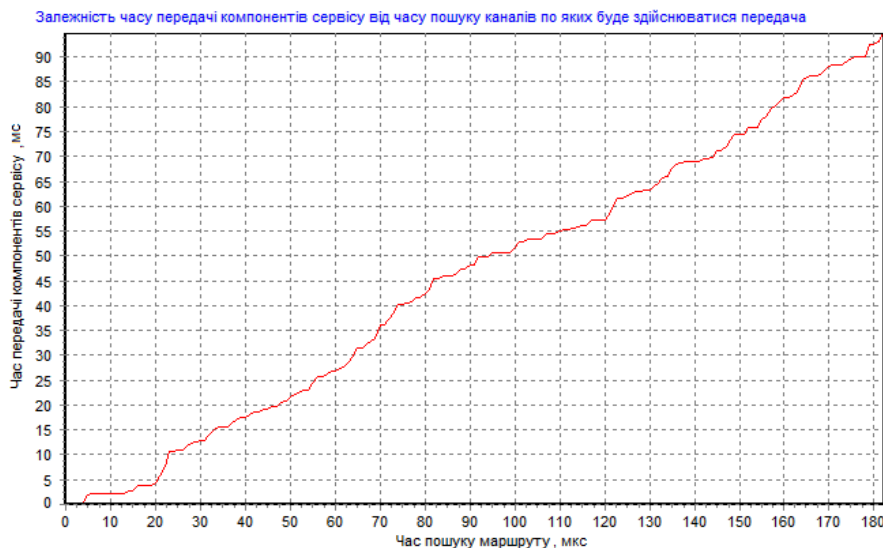


Рис. 2. Залежність часу надання сервісу від часу пошуку каналу, по якому здійснюватиметься передача

Для вирішення цієї проблеми пропонуємо використовувати алгоритм пошуку шляху за критерієм мінімального часу проходження. В основу цього алгоритму покладено спосіб розрахунку оптимального шляху передавання на основі даних про поширення інформації та зміни в топології мережі. Ці дані утворюють єдину комбіновану метрику маршруту, яка виявляє компроміс між вибором оптимального маршруту та властивостями трафіку, оскільки імовірність одночасного існування потоків із максимальним сервісом на маршрутах із спільною лінією низька. Оптимальним шлях є тому, що забезпечується найкращий показник загальної метрики, а потенційний об'єм доступних ресурсів набагато більший від необхідного.

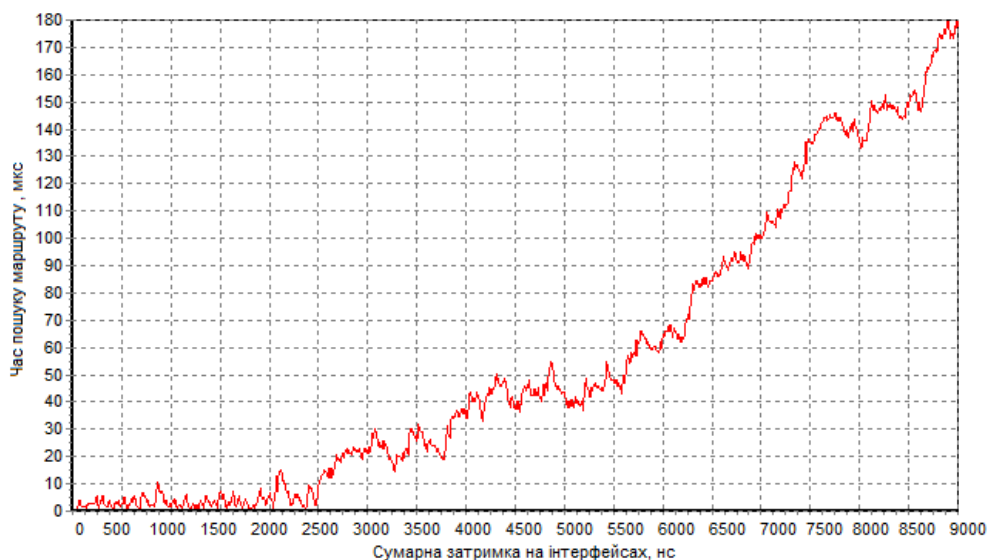
Метрика цього алгоритму представляється у вигляді:

$$M = \left( K_1 * \min C + \left( \frac{K_2 * \min C}{256 - L} \right) + K_3 * D \right) * \left( \frac{K_5}{R + K_4} \right) * 256, \quad (2)$$

де  $K_i$  – коефіцієнти, які задає адміністратор мережі для коригування композитної метрики;  $\min C$  – мінімальне значення пропускної здатності на шляху проходження оптимального маршруту, по якому будуть надсилатися дані;  $L$  – завантаженість кожної ланки в мережі;  $D$  – сумарна затримка на інтерфейсах;  $R$  – надійність шляху.

Ця композитна метрика не передається між маршрутизаторами. Метрика вираховується локально на маршрутизаторі й існує тільки на ньому. Далі маршрутизатор передає тільки змінені параметри та зберігає усіх своїх сусідів в таблиці, що дозволяє швидко знаходити альтернативні маршрути в разі відключення основних. Якщо відповідний маршрут не знайдений, маршрутизатор опитує сусідів про наявність альтернативних маршрутів.

Припустимо, що деякий інтерфейс на виході, при передачі інформації від фізичного сервера А до віртуальної машини, має значення затримки  $t$ , за порогового значення затримки  $T$ , тобто  $t < T$ . Віртуальна машина з цілим програмним комплексом в результаті впливу різних факторів мігрує на фізичний сервер В. Алгоритм пошуку шляху за критерієм мінімального часу проходження, передаючи запит на надання сервісу, аналізує, що такого логічного оптимального маршруту вже не існує, оскільки на виході з інтерфейсу, у разі передачі по “старому” маршруту, значення затримки  $t$  перевищує порогове значення  $T$ .



*Рис. 3. Залежність часу пошуку оптимального маршруту від сумарної затримки на інтерфейсах*

В результаті перераховується комбінована метрика та встановлюється вже “новий” оптимальний маршрут для передачі запитів. Цим враховується зміна логічної топологічної структури та зменшується ймовірність втрат, внаслідок передачі запитів не по фізичних каналах, які входять в оптимальний маршрут. Цей спосіб дасть змогу зменшити час на пошуки оптимального маршруту, не втрачаючи запитів та загального часу передачі.

**Висновки.** Стрімкий розвиток інфокомунікаційних мереж з cloud-технологією відкриває безліч можливостей для користувачів. Користувачам “хмари” надаються необхідні сервіси віддалено за допомогою технології віртуалізації. Проте важливим аспектом у наданні cloud-послуг є швидкість надання цих сервісів, наявність вільних каналів для їх надання, щоб задовольнити потреби користувачів. Саме обробку усіх запитів користувачів здійснює центр обробки даних, який повинен забезпечити єдиний інформаційний ресурс з гарантованими рівнями достовірності, доступності та безпеки даних. На кожному такому сервері може міститися від однієї до кількох десятків віртуальних машин, які здатні обробляти та задовольняти відповідними компонентами чи додатками запити на надання сервісу. Однак “нестійка” структура ЦОД, внаслідок міграції віртуальних машин, вноситиме затримки під час обслуговування запитів на надання сервісу.

Для зменшення часу обслуговування (обробки) запитів, які надходять на обслуговування до центру обробки даних, з урахуванням топологічної структури такого центру, у роботі пропонується використовувати алгоритм пошуку шляху за критерієм мінімального часу проходження, основа якого – спосіб розрахунку оптимального шляху передачі на основі даних про поширення інформації та зміни в топології мережі. Цей алгоритм дає змогу враховувати не тільки завантаженість кожного каналу, а й сумарну затримку на інтерфейсах, що пришвидшить пошук оптимального маршруту в разі зміни структури мережі. Це, своєю чергою, призведе до зменшення часу обслуговування запитів користувачів за динамічно змінної структури ЦОД.

1. Khazaei H., Mišić J., and Mišić V. B. *Performance of Cloud Centers with High Degree of Virtualization under Batch Task Arrivals* // *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol. 10, no. 5, p. 1, 2012. 2. Yang B., Tan F., Dai Y., Guo and S. *Performance evaluation of cloud service considering fault recovery* // in *First Int'l Conference on Cloud Computing (CloudCom) 2009, Beijing, China, Dec. 2009*, pp. 571–576. 3. Katsaros D., Mehra P., Pallis G., Vakali A. *Cloud Computing: Distributed Internet Computing for IT and Scientific Research* // *Internet Computing, IEEE, Volume: 13, Issue: 5, Sept– - Oct. 2009*, pp. 10–13. 4. Mohammad Al-Fares, Alexander Loukissas, Amin Vahdat, *A scalable, commodity data center network architecture, Proceedings of the ACM SIGCOMM 2008 conference on Data communication, August 17-22, 2008, Seattle, WA, USA*. 5. Costin Raiciu, Sebastien Barre, Christopher Pluntke, Adam Greenhalgh, Damon Wischik, Mark Handley “*Improving datacenter performance and robustness with multipath TCP*”, *SIGCOMM '11 Proceedings of the ACM SIGCOMM 2011 conference, NY, USA*, pp. 266-277. 6. Климаш М.М., Селюченко М.О. *Аналіз принципів побудови сучасних дата-центрів на основі Cloud-архітектури / Всеукраїнська науково-практична конференція СПТЕЛ – 2013. – Львів, 2013. – С.110–114*. 7. Klymash Mykhaylo, Strykhalyuk Bogdan, Shpur Olga *Comparative Analysis of Methods for Describing Topological Structures of Cloud Networks/ International Conference “Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications, and Computer Science” TCSET-2014/ Lviv, Ukraine*, pp. 50–53.