

Н. Г. Кучук¹, С. Ю. Гавриленко¹, Н. В. Лукова-Чуйко², В. В. Собчук³

¹ Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

³ Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна

ПЕРЕРОЗПОДІЛ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ У ГІПЕРКОНВЕРГЕНТНІЙ СИСТЕМІ

При вирішенні завдань управління структурою системи віртуальних каналів зв'язку (СВКЗ) виникає завдання оптимального розподілу навантаження з метою забезпечення необхідної якості обслуговування її абонентів. **Предметом дослідження** є структура системи віртуальних каналів зв'язку. **Мета дослідження** – розроблення методу оперативної реконфігурації системи віртуальних каналів зв'язку, що забезпечить зниження середньої величини затримки у мережі на гіперконвергентній платформі в порівнянні зі статичним розподілом. **Результати.** Для вирішення завдання оперативної реконфігурації СВКЗ при зміні ситуації на мережі використано мінімакський критерій. Оптимізаційна задача сформульована таким чином: знаходження такого розподілу пропускних здатностей віртуальних каналів зв'язку для нової структури СВКЗ, тобто визначення вектора пропускних здатностей віртуальних каналів зв'язку, при якому мінімізується максимальне значення коефіцієнта використання фізичного каналу зв'язку в мережі. Запропонований алгоритм розв'язання поставленої задачі оптимізації. **Висновки.** Оперативна реконфігурація системи віртуальних каналів зв'язку, що мінімізує максимальне значення коефіцієнта використання фізичних каналів зв'язку, при зміні навантаження СВКЗ в процесі її експлуатації, призводить до зниження середньої величини затримки. Перевагами запропонованого алгоритму в порівнянні з існуючими є забезпечення перерозподілу пропускної здатності ресурсів мережі цілочисельними блоками і врахування можливостей гіперконвергентної платформи та фізичних каналів зв'язку, на базі яких будується мережа віртуальних каналів зв'язку.

Ключові слова: віртуальний канал зв'язку, гіперконвергентна система, пропускна здатність, інформаційний потік.

Вступ

Аналіз проблеми та наукових публікацій. Як відомо, на сьогодні все більше підприємств, фірм та навчальних закладів при організації корпоративних мереж віддають перевагу конвергентним і гіперконвергентним платформам [1, 2]. Інфраструктура, що створена на конвергентній платформі, передбачає об'єднання пам'яті, обчислювальних і мережних ресурсів у пул, заздалегідь сконфігурованих для роботи в дата-центрі [3], при гіперконвергентній інфраструктурі обчислювальні потужності, сховища, сервери, мережі об'єднуються в одне ціле за допомогою програмних засобів, а управління ними відбувається через загальну консоль адміністрування [4, 5]. Основні переваги гіперконвергентної системи – суттєве зниження витрат на адміністрування системи, можливість збільшення обчислювальних ресурсів системи без переналадження програмних та апаратних засобів. Але централізоване управління потребує більш складних процедур управління ресурсами системи. Зокрема виникає питання оперативної реконфігурації системи віртуальних каналів зв'язку, тобто зміни її структури [6].

При вирішенні завдань управління структурою системи віртуальних каналів зв'язку (СВКЗ) виникає завдання оптимального розподілу навантаження з метою забезпечення необхідної якості обслуговування її абонентів. Приводами для виконання функцій управління оперативною реконфігурацією СВКЗ може служити така ситуація, при якій за середній час передачі повідомлення по мережі не забезпечується необхідна пропускна здатність, якість обслуговування абонентів, ефективність використання ресурсів мережі тощо.

На сьогодні розроблені і широко використовуються досить багато методів визначення оптимального за обраними критеріями вектора пропускних здатностей віртуальних каналів зв'язку: точні методи, запропоновані в роботах [7–11]; наближені, що дозволяють отримувати локальні оптимальні рішення [12–14]; чисельні і евристичні методи, що враховують специфіку базової мережі [15, 16]. Перераховані методи для оптимізації обсягу ресурсів при управлінні СВКЗ не в повній мірі враховують дискретний характер мережних ресурсів і можливості системи фізичних каналів зв'язку, на якій реалізується СВКЗ. Також низка припущень, зроблених у публікаціях [17–24], присвячених оптимізації пропускних здатностей мереж передачі даних, спрощують інтерпретацію результатів, але доволі часто не відповідає реальним умовам функціонування мережі. Особливо це помітно при аналізі гіперконвергентних систем [2]. Отже, необхідно розробити метод оперативної реконфігурації системи віртуальних каналів зв'язку, який буде враховувати особливості гіперконвергентних систем.

Постановка завдання. Метою статті є розроблення методу оперативної реконфігурації системи віртуальних каналів зв'язку, що забезпечить зниження середньої величини затримки у мережі на гіперконвергентній платформі в порівнянні зі статичним розподілом.

1. Результати теоретичних досліджень

Нехай центр управління гіперконвергентною мережею формує інформаційні потоки між N_z вузлами, використовуючи L каналів зв'язку. Повідомлення, що передаються між кожною парою суміжних вузлів, утворюють інформаційний потік. Топо-

логія мережі і характеристики потоків, що надходять на обслуговування, відомі. Для передачі кожного потоку задається деяка множина маршрутів – кандидатів), з якої для передачі потоку формується один віртуальний канал, тобто використовується тільки один шлях. Також припустимо, що ємність накопичувача в транзитних вузлах мережі необмежена; а процес надходження повідомлень в мережу має пуассонівський розподіл. Затримка поширення повідомлень каналами зв'язку незначна і при обробці в транзитних вузлах повідомлення не затримується. Кожний ℓ -й канал зв'язку має пропускну здатність C_ℓ , $\ell = \overline{1, L}$ і описується однолінійною системою масового обслуговування М/М/1. На кожен канал зв'язку надходить пуассонівський потік повідомлень інтенсивністю $\lambda(\ell)$, $\ell = \overline{1, L}$:

$$\lambda(\ell) = \sum_{r \in \{n_\ell\}} \lambda_r, \quad (1)$$

де λ_r – інтенсивність r -го потоку ($r = \overline{1, R}$, $\{n_\ell\}$ – множина потоків, що використовують ℓ -й канал зв'язку, R – кількість потоків, що передаються мережею, при цьому довжини повідомлень має експоненційний розподіл, а очікувана довжина повідомлень визначається як $1/\mu$

Затримку на каналі зв'язку $D(\ell)$ і ймовірність використання ліній зв'язку P_ℓ можливо визначити таким чином [19]:

$$D(\ell) = \frac{1}{\mu C_\ell - \lambda(\ell)} = \frac{1}{\mu C_\ell (1 - P_\ell)}; \quad (2)$$

$$P_\ell = \frac{\lambda(\ell)}{\mu C_\ell}, \quad \ell = \overline{1, L}.$$

Наскрізна затримка між кожною парою взаємодіючих каналів зв'язку визначається як зважена сума очікуваних затримок на каналі зв'язку. Середню величину затримки повідомлення T в мережі можна визначити як [19, 21]:

$$T = \sum_{\ell=1}^L \frac{\lambda(\ell)}{\gamma} \cdot D(\ell) = \sum_{\ell=1}^L \frac{\lambda(\ell)}{\gamma} \cdot \frac{1}{\mu C_\ell - \mu(\ell)} \quad (3)$$

$$\text{або} \quad T = \sum_{\ell=1}^L \frac{\lambda(\ell)}{\gamma} \cdot \frac{1}{\mu C_\ell (1 - P_\ell)} = \frac{1}{\gamma} \sum_{\ell=1}^L \frac{P_\ell}{1 - P_\ell}, \quad (4)$$

де $\gamma = \sum_{r=1}^R \lambda_r$ – сумарний потік, що надходить в мережу на обслуговування.

Для вирішення завдання зміни пропускних здатностей віртуальних каналів зв'язку за рахунок реконфігурації СВКЗ можна використовувати підхід, розроблений в [22]. Він полягає в наступному. Мережа зв'язку представляється у вигляді сукупності вузлів СВКЗ $\{Z_i\}$, $i = \overline{1, N}$, де N – кількість вузлів СВКЗ. На кожному вузлі СВКЗ може бути утворений локальний ресурс певної пропускної здатності $C_i = C_{Z_i}$, $i = \overline{1, N}$.

З кожного вузла СВКЗ $\{Z_i\}$, $i = \overline{1, N}$ може виходити g_i напрямків (магістралей) і входити h_i на-

прямків зв'язку, за якими розподіляється пропускна здатність C_{Z_i} . Тому розмірність кросового комутатора на вузлі кросової комутації складає $\eta \cdot \eta$, де η – кількість каналів зв'язку відповідного комутатора,

$$\eta = \sum_{i=1}^N g_i = \sum_{i=1}^N h_i \quad (5)$$

Розподіл ємностей C_{Z_i} по каналах зв'язку СВКЗ можна визначити матрицею

$$\|n_{ij}\|, \quad j = \overline{1, N_i}, \quad (6)$$

де n_{ij} – пропускна здатність каналу зв'язку (i, j) між вузлами Z_i і Z_j .

Для забезпечення максимальної пропускної здатності СВКЗ при зміні ситуації на мережі необхідно перерозподілити ємності C_{Z_i} так, щоб були виконані такі умови:

$$\sum_{j=1}^N n_{ij} = g_i Q_i = C_{Z_i}; \quad \sum_{i=1}^N n_{ij} = h_j Q_j = C_{Z_j}, \quad (7)$$

де Q_i (Q_j) – пропускна здатність вихідного (вхідного) напрямки вузла Z_i (Z_j).

Вимоги (7) можна задовольнити, якщо знайти таку квадратну матрицю

$$M = \|m_{ij}\|, \quad i, j = \overline{1, \eta}, \quad (8)$$

щоб були виконані такі умови:

$$\sum_{i \in A_k} \sum_{j \in B_\ell} m_{ij} = n_{k\ell}; \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^{\eta} m_{ij} = Q_i; \quad \sum_{i=1}^{\eta} m_{ij} = Q_j, \quad (10)$$

де m_{ij} – ціле невід'ємне число; A_k – множина вихідних напрямків з вузла Z_k ; B_ℓ – множина напрямків, що входять у вузол Z_ℓ .

Для знаходження матриці M введемо допоміжну булеву матрицю

$$\Omega = \|\omega_{ij}\|, \quad i, j = \overline{1, \eta}, \quad (11)$$

яка визначає стан кросуючого комутатора таким чином: елементи матриці Ω приймають значення 0 або 1, $\omega_{ij} = 1$, якщо напрямком, що виходить з вузла Z_i , кросується з напрямком, що входять у вузол Z_j ; в кожному рядку (стовпці) цієї матриці тільки один елемент буде дорівнює одиниці, решта – нулю. Тоді розподіл ємностей C_{Z_i} по лініях зв'язку, що задовольняє умовам (7), (9), (10), визначається деяким набором булевих матриць:

$$M = \Omega_1 + \Omega_2 + \dots + \Omega_{C/m}, \quad (12)$$

де m – мінімальний розмір каналного блоку.

Для вирішення завдання оперативної оптимальної реконфігурації СВКЗ при зміні ситуації на

мережі використовуємо мінімакний критерій. Таким чином, розглянута задача буде полягати в знаходженні такого розподілу пропускних здатностей віртуальних каналів зв'язку для нової структури СВКЗ (визначення вектора пропускних здатностей віртуальних каналів зв'язку $\|n_{ij}\|$, $j=1, N_i$, при якому мінімізується максимальне значення коефіцієнта використання фізичного каналу зв'язку в мережі). З урахуванням вищевикладеного запишемо оптимізаційну задачу на базі мінімакного критерію:

$$\min_{i, \gamma=1, N} \max \{P_{i,j}\}. \quad (13)$$

при таких обмеженнях:

$$\sum_{j=1}^N n_{i,j} = C_{Zi}; \quad \sum_{i=1}^N n_{i,j} = C_{Zj}. \quad (14)$$

При цьому повинні виконуватися такі умови:

1) заданий вектор потоків, що надходять в мережу λ_r , $r=1, R$, де R – кількість пар вузлів в мережі, між якими циркулюють інформаційні потоки;

2) заданий план розподілу потоків в мережі.

Величина $P_{i,j}$ в (13) визначається як

$$P_{i,j} = \frac{\lambda(i,j)}{\mu \cdot n_{i,j}},$$

де $\lambda(i,j)$ – сумарний потік віртуального каналу зв'язку, що з'єднує вузли Z_i і Z_j , створюваний всіма потоками, що використовують даний канал зв'язку відповідно до заданого плану розподілу потоків, а $n_{i,j}$ – пропускна здатність даної лінії зв'язку.

Якщо оптимальний план за даним критерієм розподілу потоків не заданий, то можливо скористатися методом, наведеним у [23], що забезпечує вибір одного шляху з деякої множини маршрутів для обслуговування кожного потоку, при якому мінімізується максимальне значення коефіцієнта використання каналу зв'язку СВКЗ.

2. Алгоритм та результати експериментальних досліджень

Для зменшення складності алгоритму та спрощення експерименту введемо таке обмеження: всі пропускні здатності дорівнюють C , $C_{Zi} = C$.

Алгоритм розв'язання задачі оптимізації включає такі операції:

1. Визначити значення $\lambda(i,j)$, $i, j=1, N$ відповідно до обмежень (14) та наведених умов 1 та 2.

2. Задати початкові значення вектора $\{n_{i,j}^0\}$; $i, j=1, N$. В якості початкового значення можна використовувати величину

$$n_{i,j}^0 = \{[\lambda(i,j)/m] + 1\}m, \quad (15)$$

де m – розмір мінімального блоку обміну інформацією в мережі ($m, [.]$ – цілі невід'ємні величини).

3. Підготувати допоміжну булеву матрицю $\Omega = \|\omega_{ij}\|$, $i, j=1, N$.

4. Обчислити значення коефіцієнта використання лінії зв'язку в мережі

$$P_{k,\ell} = f\{\lambda(k,\ell), n_{k,\ell}\}, \quad k, \ell=1, N. \quad (16)$$

5. Із множини пар індексів, що визначають канали зв'язку, вибрати пару (p, q) , що відповідає максимальному значенню $P_{p,q}$, вибраному із множини $P_{k,\ell}$, $k, \ell=1, N$. Значення відповідного елемента ω_{pq} в матриці Ω збільшити на 1 і перейти до пункту 6, якщо при виконанні цієї операції в кожному рядку і в кожному стовпці матриці Ω буде не більше одного елемента, що дорівнює одиниці; в іншому випадку перейти до пункту 3.

6. Обчислити нові значення за формулою:

$$n_{p,q}^t = n_{p,q}^{t-1} + \omega_{pq}^t \cdot m. \quad (17)$$

7. Перевірити виконання обмеження (16): а) якщо ця умова не виконується, то перейти до пункту 4; б) якщо умова виконується, то закінчити обчислення.

Замість цільової функції (13) при пошуку оптимального розподілу можна використовувати такі співвідношення:

$$C_{\text{conm}} = \frac{\lambda(\ell)}{\mu} + C_{\Sigma}(1 - P_{\ell}) \sqrt{\frac{\lambda(\ell)}{\mu}} / \sum_{j=1, j \neq \ell}^L \lambda_j; \quad (18)$$

$$P_{\text{cp}} C_{\Sigma} = \sum_{\ell=1}^L \lambda(\ell) / \mu, \quad (19)$$

де C_{conm} – зміна пропускних здатностей каналів зв'язку за законом квадратного кореня.

Оперативна реконфігурація системи віртуальних каналів зв'язку, що мінімізує максимальне значення коефіцієнта використання фізичних каналів зв'язку, при зміні навантаження СВКЗ в процесі її експлуатації, призводить до зниження середньої величини затримки T .

На рис. 1 представлена залежність середньої величини затримки від навантаження мережі (за умови, що $\sum_{\ell=1}^L C_{\ell} = C_1 = \text{const}$).

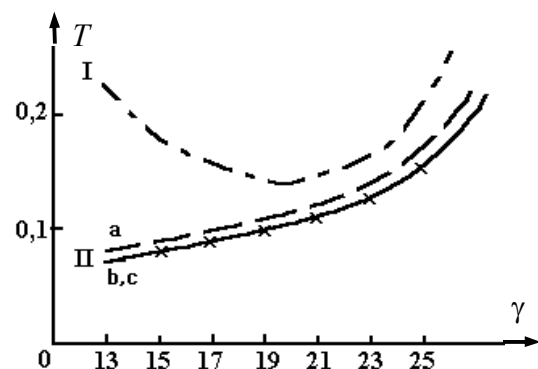


Рис. 1. Залежність середньої величини затримки від навантаження мережі, $C_1 = 36$ Мб/с;

I – статичний розподіл пропускної здатності;

II – зміна пропускної здатності при зміні

навантаження: а – пропорційно $\lambda(\ell)$;

б – за наведеним алгоритмом із цільовою функцією (20)

с – за наведеним алгоритмом із цільовою функцією (15)

Як видно з рис. 1, перерозподіл ресурсів мережі при зміні її навантаження забезпечує зниження середньої величини затримки на мережі в порівнянні зі статичним розподілом.

Крім того, забезпечується більш рівномірний розподіл затримки по каналах зв'язку.

В цьому випадку міра рівномірності розподілу затримки F , що визначається відповідно до [19] як

$$F = \frac{1}{T^2} \sum_{\ell=1}^L \frac{\lambda(\ell)}{\gamma} \{D(\ell) - T\}^2, \quad (21)$$

приблизно дорівнює нулю.

Крім того, розподіл пропускної здатності за мінімальним критерієм (15) близький до розподілу за законом квадратного кореня.

Висновок

Запропонований метод оперативної реконфігурації системи віртуальних каналів зв'язку, який

забезпечує зниження середньої величини затримки у мережі на гіперконвергентній платформі в порівнянні зі статичним розподілом. Розроблений алгоритм реалізації даного методу. Оперативна реконфігурація системи віртуальних каналів зв'язку, що мінімізує максимальне значення коефіцієнта використання фізичних каналів зв'язку, при зміні навантаження СВКЗ в процесі її експлуатації, призводить до зниження середньої величини затримки. Перевагами запропонованого алгоритму в порівнянні з існуючими є забезпечення перерозподілу пропускної здатності ресурсів мережі цілочисельними блоками і врахування можливостей гіперконвергентної платформи та фізичних каналів зв'язку, на базі яких будується мережа віртуальних каналів зв'язку.

Напрямок подальших досліджень – реалізація запропонованого алгоритму зі зняттям обмежень за пропускною здатністю окремих каналів у гіперконвергентному середовищі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шматков С. І. Модель інформаційної структури гіперконвергентної системи підтримки електронних обчислювальних ресурсів університетської e-learning / С. І. Шматков, Н. Г. Кучук, В. В. Донець // Системи управління, навігації та зв'язку : науковий журнал. – Полтава : ПНТУ, 2018. – Вип. 2 (48). – С. 97-100.
2. Merlac V. Resources Distribution Method of University e-learning on the Hyperconvergent platform / V. Merlac, S. Smatkov, N. Kuchuk, A. Nechausov // Conf. Proc. of 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Service and Technologies. DESSERT'2018. Ukraine, Kyiv, May 24-27, 2018. – P. 136-140. – URL : <http://dx.doi.org/10.1109/DESSERT.2018.8409114>
3. Donets V., Kuchuk N., Shmatkov S. Development of software of e-learning information system synthesis modeling process. *Сучасні інформаційні системи*. 2018. Т. 2, № 2. С. 117–121. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.20>.
4. Зиков І. С., Кучук Н. Г., Шматков С. І. Синтез архітектури комп'ютерної системи управління транзакціями e-learning. *Сучасні інформаційні системи*. 2018. Т. 2, № 3. С. 60–66. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.3.10>.
5. Kuchuk N. Method for calculating of R-learning traffic peakedness / N. Kuchuk; O. Mozhaiev, M. Mozhaiev; H. Kuchuk // 2017 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2017. – 2017. – P. 359 – 362. URL : <http://dx.doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2017.8246416>.
6. Кучук Г.А. Метод оценки характеристик АТМ-трафика / Г.А. Кучук // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2003. – № 6. – С. 44–48.
7. Кучук Г. А., Можаев О. О., Воробйов О. В. Метод агрегування фрактального трафіка. Радіоелектронні та комп'ютерні системи. 2006. № 6 (18). С. 181–188.
8. Saravana, Balaji B., Karthikeyan, N.K. and Raj Kumar, R.S., (2018), "Fuzzy service conceptual ontology system for cloud service recommendation", *Computers & Electrical Engineering*, Vol. 69, pp. 435–446.
9. Коваленко А. А. Подходы к синтезу технической структуры компьютерной системы, образующей систему управления объектом критического применения / А.А. Коваленко // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2014. – № 1(38). – С. 116-119.
10. Кучук Г. А. Фрактальный гауссовский шум в трафиковых трассах / Г.А. Кучук // Системи обробки інформації. – 2004. – № 3(31). – С. 91-100.
11. Коваленко А. А. Оптимальное управление трафиком мультисервисной сети на основе методов последовательного улучшения решений / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 3(47). – С. 59-63.
12. Amin Salih M., Potrus M.Y. A Method for Compensation of TCP Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. 2015. Vol. 27, No 6. P. 59–68.
13. Коваленко А. А. Подходы к синтезу информационной структуры системы управления объектом критического применения / А.А. Коваленко // Системи обробки інформації. – 2014. – № 1(117). – С. 180-184.
14. Dhivakar B., Saravanan S.V., Sivaram M., Krishnan R.A. Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique". *Computer Science and Engineering*. 2012. Vol. 2, Issue 5. pp.43-45.
15. Sivaram, M., Batri, K., Amin Salih, Mohammed and Porkodi V. (2019), "Exploiting the Local Optima in Genetic Algorithm using Tabu Search", *Indian Journal of Science and Technology*, Volume 12, Issue 1.
16. Kuchuk G., Nechausov S., Kharchenko, V. Two-stage optimization of resource allocation for hybrid cloud data store. *International Conference on Information and Digital Technologies*. 2015. P. 266-271.
17. Ruban, I. Redistribution of base stations load in mobile communication networks / I. Ruban, H. Kuchuk, A. Kovalenko // Innovative technologies and scientific solutions for industries. – 2017. – No 1 (1) – P. 75-81.
18. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава : ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113.
19. Кучук Г. А. Модель процесса эволюции топологической структуры компьютерной сети системы управления объектом критического применения / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, А.А. Янковский // Системи обробки інформації. – 2014. – № 7(123). – С. 93-96.
20. Кучук Г. А. Метод параметрического управления передачей данных для модификации транспортных протоколов беспроводных сетей / Г.А. Кучук, А.С. Мохаммад, А.А. Коваленко // Системи обробки інформації. – 2011. – № 8(98). – С. 211-218.

21. Кучук Г.А. Метод мінімізації середньої затримки пакетів у віртуальних з'єднаннях мережі підтримки хмарного сервісу / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, Н.В. Лукова-Чуйко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2017. – Вип. 2(42). – С. 117-120.
22. Sivaram, M., Yuvaraj, D., Amin Salih, Mohammed, Porkodi, V. and Manikandan V. (2018), "The Real Problem Through a Selection Making an Algorithm that Minimizes the Computational Complexity", *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, Vol. 8, iss. 2, 2018, pp. 95-100.
23. Коваленко А. А., Кучук Г. А. Методи синтезу інформаційної та технічної структур системи управління об'єктом критичного застосування. *Сучасні інформаційні системи*. 2018. Т. 2, № 1. С. 22–27. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.04>
24. Свиридов А. С., Коваленко А. А., Кучук Г. А. Метод перерозподілу пропускної здатності критичної ділянки мережі на основі удосконалення ON/OFF-моделі трафіку. *Сучасні інформаційні системи*. 2018. Т. 2, № 2. С. 139–144. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.24>

REFERENCES

1. Shmatkov S.I., Kuchuk, N.G. and Donets V.V. (2018), "Model of information structure of the hyperconvergent system of support of electronic computing resources of university e-learning", *Control systems, navigation and communication*, PNTU, Poltava, No. 2 (48), pp. 97-100.
2. Merlac, V., Smatkov, S., Kuchuk, N. and Nechausov A. (2018), "Resources Distribution Method of University e-learning on the Hypercovergent platform", *Conf. Proc. of 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Service and Technologies. DESSERT'2018*, Ukraine, Kyiv, May 24-27, pp. 136-140, – DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/DESSERT.2018.8409114>
3. Donets, V., Kuchuk, N. and Shmatkov, S. (2018), "Development of software of e-learning information system synthesis modeling process", *Advanced Information Systems*, Vol. 2, No 2, pp. 117–121, DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.20>.
4. Zykov, I.S., Kuchuk, N.H. and Shmatkov S.I. (2018), "Synthesis of architecture of the computer transaction management system e-learning", *Advanced Information Systems*, Vol. 2, No. 3, pp. 60-66, DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.3.10>.
5. Kuchuk, N., Mozhaiev, O., Mozhaiev, M. and Kuchuk, H. (2017), "Method for calculating of R-learning traffic peakedness", *4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2017*, pp. 359–362. URL : <http://dx.doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2017.8246416>.
6. Kuchuk, G.A. (2003), "Method of estimation of characteristics of ATM traffic", *Information and control systems in the railway transport*, No. 6, pp. 44–48.
7. Kuchuk G.A., Mozhaev, O.O. and Vorobyov O.V. (2006), "The method of aggregation of fractal traffic", *Radio electronic and computer system*, No. 6 (18), pp. 181-188.
8. Saravana, Balaji B., Karthikeyan, N.K. and Raj Kumar, R.S., (2018), "Fuzzy service conceptual ontology system for cloud service recommendation", *Computers & Electrical Engineering*, Vol. 69, pp. 435–446.
9. Kovalenko, A. A. (2014), "Approaches to the synthesis of the technical structure of a computer system forming the control system of an object of critical application", *Collection of scientific works of Kharkiv National University of Air Forces*, No. 1 (38), pp. 116-119.
10. Kuchuk, G. A. (2004), "Fractal Gaussian noise in traffic routes", *Information Processing Systems*, No. 3 (31), pp. 91-100.
11. Kovalenko, A.A. and Kuchuk, G.A. (2016), "Optimal traffic control of a multiservice network based on the methods of sequential improvement of solutions", *Systems of armament and military equipment*, No. 3 (47), pp. 59-63.
12. Amin Salih M. and Potrus M.Y. (2015), "A Method for Compensation of Tcp Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node", *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*, Vol. 27, No 6, pp. 59–68.
13. Kovalenko, A.A. (2014), "Approaches to the synthesis of the information structure of the system for managing an object of critical application", *Information Processing Systems*, No. 1 (117), pp. 180-184.
14. Dhivakar B., Saravanan S.V., Sivaram M., Krishnan R.A. Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique". *Computer Science and Engineering*, Vol. 2, Issue 5, pp. 43-45.
15. Sivaram, M., Batri, K., Amin Salih, Mohammed and Porkodi V. (2019), "Exploiting the Local Optima in Genetic Algorithm using Tabu Search", *Indian Journal of Science and Technology*, Volume 12, Issue 1.
16. Kuchuk, G., Nechausov, S. and Kharchenko, V. (2015), "Two-stage optimization of resource allocation for hybrid cloud data store", *International Conference on Information and Digital Technologies, Zilina*, pp. 266-271.
17. Ruban, I., Kuchuk, H. and Kovalenko A. (2017), "Redistribution of base stations load in mobile communication networks", *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, No 1 (1), P. 75–81.
18. Kovalenko, A.A. and Kuchuk, G.A. (2018), "The current state and trends of the development of computer systems of objects of critical application", *Systems of control, navigation and communication*, PNTU, Poltava, No. 1 (47), pp. 110–113.
19. Kuchuk, G.A., Kovalenko, A.A. and Yankovsky A.A. (2014), "Model of the process of evolution of the topological structure of the computer network of a control system for an object of critical application", *Information Processing Systems*, No. 7 (123), pp. 93-96.
20. Kuchuk G.A., Mohammad A.S. and Kovalenko, A.A. (2011), "The parametric data transmission control method for modifying the transport protocols of wireless networks ", *Information Processing Systems*, No. 8 (98), pp. 211-218.
21. Kuchuk, G.A., Kovalenko, A.A. and Lukova-Chujiko, N.V. (2017), "A method for minimizing the average latency of packets in the virtual connections of the cloud service support network", *Control, navigation and communication systems*, PNTU, Poltava, No. 2 (42),- pp. 117–120.
22. Sivaram, M., Yuvaraj, D., Amin Salih, Mohammed, Porkodi, V. and Manikandan V. (2018), "The Real Problem Through a Selection Making an Algorithm that Minimizes the Computational Complexity", *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, Vol. 8, iss. 2, 2018, pp. 95-100.
23. Kovalenko, A. and Kuchuk H. (2018), "Methods for synthesis of informational and technical structures of critical application object's control system", *Advanced Information Systems*, 2018, Vol. 2, No. 1, pp. 22–27, DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.04>

24. Sviridov, A., Kovalenko, A. and Kuchuk, H. (2018), "The pass-through capacity redevelopment method of net critical section based on improvement ON/OFF models of traffic", *Advanced Information Systems*, Vol. 2, No. 2, pp. 139–144, DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.24>

Received (Надійшла) 16.04.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 29.05.2019

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / ABOUT THE AUTHORS

- Кучук Ніна Георгіївна** – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри обчислювальної техніки та програмування, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна;
Nina Kuchuk – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Computer Science and Programming Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine;
e-mail: nina_kuchuk@ukr.net; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0784-1465>
- Гавриленко Світлана Юрївна** – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри обчислювальної техніки та програмування, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна;
Svitlana Gavrylenko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Computer Science and Programming Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine;
e-mail: gavrilenko08@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5093-0420>
- Собчук Валентин Володимирович** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри диференціальних рівнянь і математичної фізики Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки, Луцьк, Україна;
Valentin Sobchuk – Candidate of Physical And Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Differential Equations And Math. Physics Department, Lesya Ukrainka Eastern European National University, Lutsk, Ukraine;
e-mail: v.sobchuk@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4002-8206>
- Лукова-Чуйко Наталія Вікторівна** – доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки та захисту інформації, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна;
Nataliya Lukova-Chuiko – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Cybersecurity and Information Protection Department, Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv, Ukraine;
e-mail: ukova@ukr.net; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3224-4061>

Перераспределение информационных потоков в гиперконвергентной системе

Н. Г. Кучук, С. Ю. Гавриленко, Н. В. Лукова-Чуйко, В. В. Собчук

В статье рассматриваются задачи управления структурой системы виртуальных каналов связи (СВКС). При этом возникает задача оптимального распределения нагрузки. Ее цель – обеспечение требуемого качества обслуживания абонентов. **Предметом исследования** является структура системы виртуальных каналов связи. **Цель исследования** – разработка метода оперативной реконфигурации системы виртуальных каналов связи. Метод обеспечит снижение средней величины задержки в сети на гиперконвергентной платформе. Сравнение будет проводится со статическим распределением. **Результаты.** Задача оперативной реконфигурации СВКС решается при изменении ситуации в сети. Для ее решения использован минимаксный критерий. В статье сформулирована оптимизационная задача. Рассматривается множество структур СВКС. В задаче находится распределение пропускных способностей виртуальных каналов связи. Для каждой структуры СВКС определяется вектор пропускных способностей виртуальных каналов связи. Выбирается тот вектор, при котором минимизируется максимальное значение коэффициента использования физического канала связи в сети. Предложен алгоритм решения поставленной задачи оптимизации. **Выводы.** Оперативная реконфигурация системы виртуальных каналов связи минимизирует максимальное значение коэффициента использования физических каналов связи. Перераспределение рассматривается при изменении нагрузки СВКС в процессе ее эксплуатации. Предложенная реконфигурация приводит к снижению средней величины задержки. Преимуществом предложенного алгоритма по сравнению с существующими является обеспечение перераспределения пропускной способности ресурсов сети целочисленными блоками. Кроме того, учитываются возможности гиперконвергентной платформы и физических каналов связи, на базе которых строится сеть виртуальных каналов связи.

Ключевые слова: виртуальный канал связи; гиперконвергентная система; пропускная способность; информационный поток.

Redistribution of information flows in a hyperconvergent system

N. Kuchuk, S. Gavrylenko, N. Lukova-Chuiko, V. Sobchuk

When solving the tasks of managing the structure of the virtual communication channels (SQPC), the problem arises the optimal load distribution in order to provide the necessary quality of service to its subscribers. **The subject of the research** is the structure of the system of virtual communication channels. **The purpose of the research** is to develop a method of operational reconfiguration of the system of virtual communication channels, which will ensure a decrease in the average value of network latency on the hyperconverting platform in comparison with the static distribution. **Results.** Minimax criterion was used to solve the problem of operational reconfiguration of the SQC when the situation on the network was changed. The optimization problem is formulated as follows: finding such a distribution of bandwidth of the virtual communication channels for the new structure of the QMS, that is, determining the vector of the throughput capabilities of the virtual communication channels, which minimizes the maximum value of the coefficient of use of the physical channel in the network. The proposed algorithm for solving the optimization problem is proposed. **Conclusions.** The operative reconfiguration of the virtual communication channels system, which minimizes the maximum value of the coefficient of use of physical communication channels, when changing the load of the SQUAZ during its operation, leads to a decrease in the average delay value. The advantages of the proposed algorithm in comparison with the existing ones are to ensure the redistribution of the bandwidth of the network resources by integer units and taking into account the possibilities of the hyperconverting platform and physical channels of communication, on the basis of which a network of virtual communication channels is built.

Keywords: virtual communication channel; hyperconverting system; bandwidth; information flow.