

METHOD FOR CALCULATING THE PROBABILITY DELIVERY TIME OF MESSAGES IN A HYPERCONVERGENT SYSTEM

One of the main characteristics of the quality of service in a telecommunication system is considered. This is the probability of timely delivery of the message in a time not more than specified. The methods used do not take into account the features of hyperconverged platforms. **The purpose of the article** is to develop a methodology for calculating the probability of timely delivery of packages, which takes into account the features of hyper-convergent platforms. **Results of researches.** The causes of packet delay in a hyperconverged system are analyzed. A decomposition of the problem is carried out, in which the probability of package delivery is determined. Based on it, analytical expressions for calculating the desired probability are obtained. **Conclusion.** The proposed method allows us to calculate the probability of timely delivery of packages with centralized management and the absence of heterogeneous components. This method allows you to increase system performance while increasing the network dimension.

Keywords: hyperconverged system, bandwidth, informational message, packet delay.

Introduction

One of the main probabilistic-temporal characteristics (PTC) of networks is the probability of timely delivery of a message in a time not exceeding

$$P_{pi} = P(T_{pi} \leq T_m). \quad (1)$$

The probability P_{pi} depends on many factors, for example, such as the intensity of the incoming stream λ_i , packet service intensity μ_i , the number of relays n , etc. Currently known methods for determining probability P_{pi} do not take into account the features of hyper-convergent platforms [1–3]. To eliminate this drawback is necessary replace the queuing system model (QSM) M/M/1 per model type M/G/1 [4–5]. A model of type M/G/1 will additionally take into account the features of hyperconvergent platforms [6].

The purpose of the article is to develop a methodology for calculating the probability of timely delivery of packages, which takes into account the features of hyperconvergent platforms.

Results of researches

One of the possible ways to achieve this goal is to solve the problem of determining the probability of packet delivery between two given nodes of the communication network [7–8].

Let there be N ways between arbitrary vertices A and B of the graph. this graph is used as a model of the communication network structure. $Q_i, i = 1, 2, \dots, N$.

Let the events consisting in the delivery of messages in one way or another, are incompatible. Then the

probability of packet delivery from node A to node B (P_{AB}) can be expressed in terms of the probability of packet delivery along the way $Q_i, i = 1, 2, \dots, N$:

$$P_{AB} = \sum_{i=1}^N P_{ni}, \quad (2)$$

where P_{ni} – probability of delivery of a packet from node A in node B on the way Q_i .

In model M/G/1 requirements of centralized operation form a Poisson flow with intensity λ_i requirements. Service time t_{serv_i} each requirement of this class is selected independently according to the probability distribution $\omega(t_{serv_i})$. Thus, it remains to calculate the probability of packet delivery in the system. It is a serial connection of queuing systems of the form M/G/1.

Let the requirements coming into the network belong to the class p from the set $\mathfrak{S} = \{1, 2, \dots, P\}$. The higher the class index, the higher the priority of this class (Fig. 1).

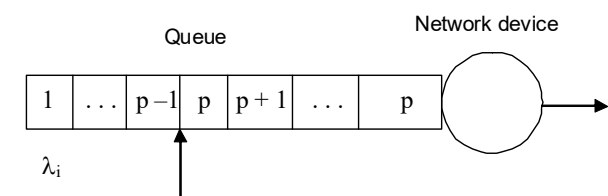


Fig. 1. Queuing

Time of delivery (T_{pi}) – random value. Between two nodes T_{pi} has the form [9]:

$$T_{pi} = t_{wait_i} + t_{serv_i}, \quad (3)$$

where t_{wait_i} – packet waiting time in queue with priority in the node i .

The time-out packet with priority in the node is decomposed into two components:

a) service timeout W_{wait_i} , that is, when this packet arrives, another packet is served by this network device;

b) queue timeout W_{q_i} , presented as:

$$W_{q_i} = t_{serv_i} (N_i + M_i), \quad (4)$$

where N_i – number of packages with priorities $k = \overline{p, P}$, being in queue at the time the next packet arrives, M_i – number of packages with priorities $k = \overline{p+1, P}$, received during $t_{serv_i} \cdot N_i + W_{wait_i}$.

In turn expression for M_i has the form [10]:

$$M_i = \sum_{k=p+1}^P \lambda_{ik} t_m; \quad \mathfrak{S} = \sum_{k=p+1}^P \lambda_{ik}, \quad (5)$$

where λ_{ik} – priority packet intensity, t_m – priority packet queue timeout.

It is obvious that at $t_m = t_{serv_i} \cdot N_i + W_{wait_i}$ expression (5) can be represented as:

$$M_i = \sum_{k=p+1}^P \lambda_{ik} (t_{wait_i} N_i + W_{wait_i}) = t_{wait_i} N_i \cdot \mathfrak{S} + W_{wait_i} \cdot \mathfrak{S}. \quad (6)$$

Thus, in the case of a system with relative priority and maintenance in order of priority, the expression for T_{pi} between two nodes takes the form:

$$T_{pi} = W_{pi} + W_{wait_i} + t_{serv_i} = W_{wait_i} + t_{serv_i} [N_i + \mathfrak{S} \cdot (t_{serv_i} N_i + W_{wait_i})] + t_{serv_i} = W_{wait_i} + t_{serv_i}^2 N_i \cdot \mathfrak{S} + t_{serv_i} (1 + N_i + W_{wait_i} \cdot \mathfrak{S}). \quad (7)$$

Given the dependence (7), we present a generalized expression for the probability $P(T_{pi} \leq T_m)$ as:

$$P(T_{pi} \leq T_m) = P(Z_i \leq T_m - W_{wait_i}) = \int_0^{T_m - W_{wait_i}} \omega(Z_i) dZ_i, \quad (8)$$

where
$$Z_i = t_{serv_i}^2 N_i \cdot \mathfrak{S} + t_{serv_i} \times (1 + N_i + W_{serv_i} \cdot \mathfrak{S}). \quad (9)$$

The analysis of expression (8) shows that for receiving analytical expression it is necessary to find the distribution law of probability $\omega(Z_i)$. Using the prop-

erty of invariance of distribution laws [8], expression for $\omega(Z_i)$ can be represented as:

$$\omega(Z_i) = \omega(t_{serv_i}) \left| \frac{df(Z_i)}{dZ_i} \right|, \quad (10)$$

where $\omega(t_{serv_i})$ – service time probability distribution law.

Suppose [9], that the nature of the distribution of service time is subject to the exponential law:

$$F(t_{serv}) = 1 - e^{-\mu_i t_{serv}}. \quad (11)$$

Expression for $\omega(t_{serv_i})$ we write in the form:

$$\omega(t_{serv}) = \frac{d}{dt} F(t_{serv}) = \mu_i e^{-\mu_i t_{serv}}. \quad (12)$$

Considering (8) and (10) define t_{serv_i} as a function $f(Z_i)$ and write in the form:

$$t_{serv_i} = f(Z_i) = \frac{\sqrt{(1 - N_i + W_{wait_i} \cdot \mathfrak{S})^2 + 4ZN_i \cdot \mathfrak{S}} - (1 - N_i + W_{wait_i} \cdot \mathfrak{S})}{2N_i \cdot \mathfrak{S}}. \quad (13)$$

When substituting values (13) and (12) in the (11) we get:

$$\omega(Z_i) = \frac{\mu_i \exp\left(\frac{(1 + N_i + W_{wait_i} \cdot \mathfrak{S}) \cdot \mu_i}{2N_i \cdot \mathfrak{S}}\right)}{\sqrt{(1 + N_i + W_{wait_i} \cdot \mathfrak{S})^2 + 4ZN_i \cdot \mathfrak{S}}} \times \exp\left\{-\frac{\mu_i \sqrt{(1 + N_i + W_{wait_i} \cdot \mathfrak{S})^2 + 4ZN_i \cdot \mathfrak{S}}}{2N_i \cdot \mathfrak{S}}\right\}. \quad (14)$$

In view of (14), the expression for probability P_{pi} between two nodes we write in the form:

$$P_{pi} = P(T_{pi} \leq T_m) = \frac{2a_i \exp(-\alpha_i \sqrt{b_i})}{c_i \alpha_i} \times [1 - \exp(-\alpha_i \{\sqrt{c_i X_i + b_i} - \sqrt{b_i}\})], \quad (15)$$

where
$$a_i = \mu_i \exp\left(\frac{(1 + N_i + W_{wait_i} \cdot \mathfrak{S}) \cdot \mu_i}{2N_i \cdot \mathfrak{S}}\right), \quad (16)$$

$$b_i = (1 + N_i + W_{wait_i} \cdot \mathfrak{S})^2, \quad c_i = 4N_i \cdot \mathfrak{S}, \quad (17)$$

$$\alpha_i = \mu_i / (2N_i \cdot \mathfrak{S}); \quad X_i = T_m - W_{wait_i}. \quad (18)$$

The results of calculations performed by expressions (15–18), are given on fig. 2.

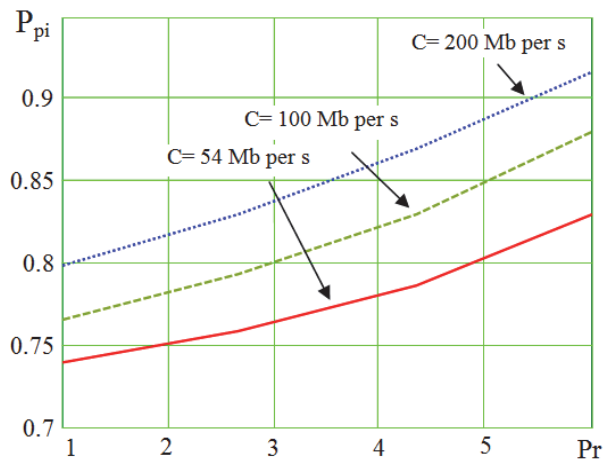


Fig. 2. Diagram of probability delivery time of a package depending on message priorities (Pr) and transfer rates

Conclusions

The causes of packet delay in a hyperconverged system are analyzed. A decomposition of the problem is carried out, in which the probability of package delivery is determined. Based on it, analytical expressions for calculating the desired probability are obtained. The proposed method allows to evaluate the timeliness of package delivery. Take into account the transmission speed and priority of messages in networks with centralized control. Also in systems on a hyperconverged platform. This technique can be used in solving problems of analysis and synthesis of systems on a hyperconverged platform.

Further research – development of a method for maximizing the probability of packet delivery in a system on a hyperconverged platform.

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. – Полтава: ПНТУ, 2018. – Вип. 2 (48). – С. 97-100.
2. Resources Distribution Method of University e-learning on the Hypercovergent platform / V. Merlac, S. Smatkov, N. Kuchuk, A. Nechausov // Conf. Proc. of 2018 IEEE 9th Int. Conf. on Dependable Systems, Service and Technologies. DESSERT'2018. Ukraine, Kyiv. – P. 136-140. <http://dx.doi.org/10.1109/DESSERT.2018.8409114>.
3. Перерозподіл інформаційних потоків у гіперконвергентній системі / Н.Г. Кучук, С.Ю. Гавриленко, Н.В. Лукова-Чуйко, В.В. Собчук // Сучасні інформаційні системи. – 2019. – Т. 3, № 2. – С. 116-121. <http://dx.doi.org/10.20998/2522-9052.2019.2.20>.
4. Donets V. Development of software of e-learning information system synthesis modeling process / V. Donets, N. Kuchuk, S. Shmatkov // Сучасні інформаційні системи. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 117–121. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.20>.
5. Зиков І.С. Синтез архітектури комп'ютерної системи управління транзакціями e-learning / І.С. Зиков, Н.Г. Кучук, С.І. Шматков // Сучасні інформаційні системи. – 2018. – Т. 2, № 3. С. 60–66. – <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.3.10>.
6. 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. – P. 359-362. URL : <http://dx.doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2017.8246416>.
7. Коваленко А.А. Методи синтезу інформаційної та технічної структур системи управління об'єктом критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Сучасні інформаційні системи. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 22-27. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.04>.
8. Кучук Г.А. Управління трафіком мультисервісної розподіленої телекомунікаційної мережі / Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку.– 2007.– Вип. 2. – С. 18-27.
9. 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.
10. Свиридов А.С. Метод перерозподілу пропускної здатності критичної ділянки мережі на основі удосконалення ON/OFF-моделі трафіку / А.С. Свиридов, А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Сучасні інформаційні системи. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 139-144. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.24>.

References

1. Shmatkov, S.I., Kuchuk, N.H. and Donets, V.V. (2018), "Model informatsiyanoi struktury hiperkonverhentnoyi systemy pidtrymky elektronnykh obchyslyvalnykh resursiv universytetskoyi e-learning" [Model of information structure of hyperconvergent system of support of electronic computing resources of university e-learning], *Control, navigation and communication systems*, No. 2(48), PNTU, Poltava, 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*, pp. 136-140, <http://dx.doi.org/10.1109/DESSERT.2018.8409114>.
3. Kuchuk, N., Gavrylenko, S., Lukova-Chuiko, N. and Sobchuk, V. (2019), "Pererospodil informatsiynykh potokiv u hiperkonverhentnyye systemy" [Redistribution of information flows in a hyperconvergent system], *Advanced Information Systems*, Vol. 3, No. 2, pp. 116-121. <http://dx.doi.org/10.20998/2522-9052.2019.2.20>.
4. 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, <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.20>.
5. Zykov, I.S., Kuchuk, N.H. and Shmatkov, S.I. (2018), "Syntez arkhitektury kompyuternoyi systemy upravlinnyya tranzaktsiyamy e-learning" [Synthesis of the architecture of a computerized transaction management system], *Advanced Informa-*

tion Systems, Vol. 2, No. 3, pp. 60-66. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.3.10>.

6. Kuchuk, N., Mozhaiev, O., Mozhaiev, M. and Kuchuk, H. (2017), Method for calculating of R-learning traffic peakedness, 2017 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2017, pp. 359-362. <http://dx.doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2017.8246416>.

7. Kovalenko, A. and Kuchuk, H. (2018), “Metody syntezy informatsiynoyi ta tekhnichnoyi struktur systemy upravlinnya obyektom krytychnoho zastosuvannya” [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. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.04>

8. Kuchuk, G.A. (2007), “Upravlinnya trafikom multiservisnoyi rozpodilenoyi telekomunikatsiynoyi merezhi” [Traffic management of multiservice distributed telecommunication network], *Control, navigation and communication systems*, No. 2(2), PNTU, Poltava, pp. 18-27.

9. Kuchuk, G.A., Kovalenko, A.A. and Lukova-Chujiko, N.V. (2017), “Metod minimizatsiyi seredn'oyi zatrymky paketiv u virtual'nykh z'yednannyakh merezhi pidtrymky khmarnoho servisu” [A method for minimizing the average latency of packets in the virtual connections of the cloud service support network], *Control, navigation and communication systems*, No. 2(42), PNTU, Poltava, pp. 117-120.

10. Sviridov, A., Kovalenko, A. and Kuchuk, H. (2018), “Metod pererozpodilu propusknoyi zdatnosti krytychnoyi dilyanky merezhi na osnovi udoskonalennya ON/OFF-modeli trafiku” [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, <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.24>.

Надійшла до редколегії 04.07.2019

Схвалена до друку 13.08.2019

Відомості про автора:

Кучук Ніна Георгіївна

кандидат педагогічних наук доцент
доцент кафедри
Національного технічного університету
“Харківський політехнічний інститут”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-0784-1465>

Information about the author:

Nina Kuchuk

Candidate of Pedagogic Sciences Associate Professor
Senior Lecturer of Department
of National Technical University
“Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0784-1465>

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЙМОВІРНОСТІ ВЧАСНОГО ДОСТАВЛЯННЯ ПОВІДОМЛЕННЯ В ГІПЕРКОНВЕРГЕНТНІЙ СИСТЕМІ

Н.Г. Кучук

Ймовірність вчасного доставляння повідомлення за час не більше заданого – одна з основних характеристик якості обслуговування в інфокомунікаційній системі. Методи, які в даний час використовуються, не враховують особливостей гіперконвергентних платформ. **Мета статті** – розроблення методики обчислення ймовірності вчасного доставляння пакетів, яка враховує особливості гіперконвергентних платформ. **Результати дослідження.** Проаналізовано причини затримки пакетів в гіперконвергентній системі. Час очікування пакета з фіксованим пріоритетом в кожному вузлі розкладається на дві складові: час очікування обслуговування, тобто в момент надходження даного пакета інший пакет обслуговується даними мережевим пристроєм; час очікування пакета в черзі. Проведена декомпозиція задачі, в якій визначається ймовірність доставляння пакета. На її основі отримано аналітичні вирази для розрахунку шуканої ймовірності. Отримані залежності проаналізовані та побудовані графіки залежності ймовірності своєчасного доставляння пакета в залежності від пріоритетів повідомлень і швидкості передачі. **Висновки.** Запропонована методика дозволяє розрахувати ймовірність своєчасного доставляння пакетів при централізованому управлінні і відсутності гетерогенних компонент. Розроблена методика дозволяє підвищити продуктивність системи при збільшенні розмірності мережі. Дана методика може бути використана при вирішенні задач аналізу і синтезу систем на гіперконвергентній платформі. **Напрямок подальших досліджень** – розробка методу максимізації ймовірності доставляння пакета в системі на гіперконвергентній платформі.

Ключові слова: гіперконвергентна система, пропускна здатність, інформаційне повідомлення, затримка пакета.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ СВОЕВРЕМЕННОЙ ДОСТАВКИ СООБЩЕНИЯ В ГИПЕРКОНВЕРГЕНТНОЙ СИСТЕМЕ

Н.Г. Кучук

Вероятность своевременной доставки сообщения за время не более заданного – одна из основных характеристик качества обслуживания в инфокоммуникационной системе. Методы, которые в настоящее время используются, не учитывают особенностей гиперконвергентных платформ. **Цель статьи** – разработка методики вычисления вероятности своевременной доставки пакетов, которая учитывает особенности гиперконвергентных платформ. **Результаты исследования.** Проанализированы причины задержки пакетов в гиперконвергентной системе. Проведена декомпозиция задачи, в которой определяется вероятность доставки пакета. На ее основе получены аналитические выражения для расчета искомой вероятности. **Выводы.** Предложенная методика позволяет рассчитать вероятность своевременной доставки пакетов при централизованном управлении и отсутствии гетерогенных компонент. Данная методика позволяет повысить производительность системы при увеличении размерности сети.

Ключевые слова: гиперконвергентная система, пропускная способность, информационное сообщение, задержка пакета.