



УДК 004.75

РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ПЕРЕДАЧ ЧЕРЕЗ АГРЕГИРОВАННЫЕ КАНАЛЫ, РАЗДЕЛЯЕМЫЕ НА ГРУППЫ

В.А. Богатырев^а, И.А. Сластихин^а^а Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация

Автор для переписки: Vladimir.bogatyrev@gmail.com

Информация о статье

Поступила в редакцию 29.07.16, принята к печати 19.10.16

doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-6-1137-1140

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Богатырев В.А., Сластихин И.А. Резервирование передач через агрегированные каналы, разделяемые на группы // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 6. С. 1137–1140. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-6-1137-1140

Аннотация

Предмет исследования. Исследуется организация межмашинного обмена по агрегированным каналам, разделенным на группы. Для запросов на передачу пакетов организуется общая очередь. В результате множественного доступа по каждому запросу одновременно предоставляются ресурсы всех каналов группы, через каждый из которых передается копия пакета. **Методология исследования.** Исследование эффективности межмашинного обмена основывается на аналитическом моделировании. Ввиду идентичности каналов и одновременности их предоставления для передачи пакета предполагается, что все копии будут доставлены адресату одновременно, хотя при этом возможна передача с ошибками или потеря пакетов, что обосновывает представление группы каналов одним обслуживающим прибором. **Основные результаты.** Показана эффективность организации резервированных передач копий пакетов через агрегированные каналы, разделенные на группы. Определены границы целесообразного применения резервированной передачи пакетов, критичных к времени их безошибочной доставки через агрегированные каналы, разделяемые на группы. **Практическая значимость.** Предложенные модели могут быть использованы при выборе решений по организации резервированной передачи через агрегированные каналы.

Ключевые слова: агрегированные каналы, надежность, массовое обслуживание, пакет, резервирование передач

Благодарности

Работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы с магистрантами и аспирантами кафедры вычислительной техники.

REDUNDANCY OF TRANSMISSIONS OVER THE AGGREGATED CHANNELS DIVIDED INTO GROUPS

V.A. Bogatyrev^а, I.A. Slastikhin^а^а ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation

Corresponding author: Vladimir.bogatyrev@gmail.com

Article info

Received 29.07.16, accepted 19.10.16

doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-6-1137-1140

Article in Russian

For citation: Bogatyrev V.A., Slastikhin I.A. Redundancy of transmissions over the aggregated channels divided into groups. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2016, vol. 16, no. 6, pp. 1137–1140. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-6-1137-1140

Abstract

Subject of Research. We study organization of machine-to-machine exchange over aggregated channels divided into groups. For requests on packages transfer a common queue can be arranged. As a result of multiple access for each request at the same time the resources of all channels in the group are provided. A package copy is transmitted through each channel. **Methodology of Research.** Study of machine-to-machine exchange effectiveness is based on analytical modeling. Due to the identical character of channels and the simultaneity of their provision to a packet transmission, it is assumed that all copies will be delivered to the recipient at the same time, although transmission errors or packet loss are possible. That proves the channel group representation as a one servicing device. **Main Results.** We have shown the efficiency of redundant transmission organization of copies of packets over aggregated channels divided into groups. We have defined the boundaries of appropriate application of redundant transmission of packets, time-critical to their unmistakable delivery over the

aggregated channels divided into groups. **Practical Relevance.** The proposed models can be used in selection of decisions aimed at the organization of redundant transmission over the aggregated channels.

Keywords

aggregated channels, reliability, mass service, package, transmission redundancy

Acknowledgements

The work was carried out within the framework of research activities with students in the master's programme and postgraduate students of the Department of Computing.

Высокие требования к надежности, отказоустойчивости, информационной безопасности и пропускной способности инфокоммуникационных систем и сетей достигаются при резервировании и агрегировании каналов связи [1–4].

Исследования повышения эффективности организации передачи данных через агрегированные каналы проводились в работах [5–7]. В системах с агрегацией резервированных каналов [8, 9] вычислительные узлы подключаются к каждому каналу через отдельный сетевой адаптер (СА), при этом возможна организация в узле как общей очереди для всех СА (каналов), так и отдельных (локальных) очередей к каждому СА. В системах с агрегацией каналов повышение надежности доставки пакетов адресату возможно в результате резервированной передачи копий пакетов через несколько каналов. За основу резервированной передачи копий пакетов могут быть взяты дисциплины резервированного обслуживания запросов, известные для многоканальных систем с общей очередью из [10], а для группы одноканальных систем с локальными очередями из [11–13]. Передача резервных копий пакетов по разным каналам направлена на повышение вероятности их безошибочной доставки адресату при ограничении допустимых задержек, что важно для систем реального времени, в том числе для систем динамического распределения запросов [14–19].

В качестве альтернативного варианта, направленного на повышение надежности передачи в сети, рассмотрим организацию межмашинного обмена при объединении агрегированных каналов в группы, когда каждый вычислительный узел сети подключен к M агрегированным каналам, разделенным на M/k групп. Для запросов на передачу пакетов организуется общая очередь. В результате множественного доступа по каждому запросу одновременно предоставляются ресурсы всех каналов одной из групп. При предоставлении узлу доступа к группе каналов пакет из его общей очереди копируется, после чего каждая резервная копия пакета передается через отдельный канал группы. В результате такой организации осуществляется резервированная передача копий пакета (запроса). Ввиду идентичности каналов и одновременного их предоставления для передачи пакета считаем, что все копии будут доставлены адресату одновременно, хотя при этом возможна передача с ошибками или потеря пакетов. Резервированная передача пакетов позволяет увеличить вероятность безошибочности доставки адресату хотя бы одной копии пакета и снизить издержки повторных передач ошибочно доставленных пакетов. Вместе с тем передача копий пакетов увеличивает нагрузку агрегированного канала и может привести к увеличению времени пребывания пакетов в системе и в итоге к возможному снижению вероятности доставки пакетов за предельно допустимое время. Указанное техническое противоречие обуславливает необходимость определения области (границы) эффективного резервирования передач копий пакетов через агрегированные каналы.

Целью настоящей работы является определение границ целесообразного применения резервированной передачи пакетов, критичных к времени их безошибочной доставки через агрегированные каналы, объединяемые в резервированные группы.

При передаче пакетов через агрегированные каналы очереди отдельных узлов объединяются в общую очередь по реализации множественного доступа к резервированным группам каналов. При этом, если пренебречь задержками на организацию множественного доступа, то система представляется как многоканальная система массового обслуживания (СМО) с общей очередью. Ввиду идентичности каналов и одновременности передачи по k каналам одной группы k резервных копий пакетов, каждую группу каналов представим в виде одного обслуживающего прибора. Общее число обслуживающих приборов в СМО, таким образом, будет $m=M/k$. Ограничимся рассмотрением случая, когда M/k – целое число. Такое представление процесса обслуживания позволяет определить среднее время пребывания каждой копии пакета по формуле для многоканальной СМО типа $M/M/m$ как [20]

$$T = P_0 v / m(1 - \rho), \quad (1)$$

где $m=M/k$; $\rho = \lambda v / m$; $v = N / L$ – среднее время передачи пакета, N – длина пакета в битах, L – пропускная способность магистрали, λ – интенсивность запросов; P_0 – вероятность того, что запрос попадет в очередь:

$$P_0 = \frac{(m\rho)^m}{m!(1-\rho)} \left(\sum_{s=0}^{m-1} \frac{(m\rho)^s}{s!} + \frac{(m\rho)^m}{m!(1-\rho)} \right)^{-1}. \quad (2)$$

Эффективность передачи пакетов через агрегированные каналы определим как $E = P(t_0 - T)$, где P – вероятность безошибочной доставки пакета; t_0 – время допустимой задержки при передаче [21]. При передаче пакета без резервирования $P = (1 - B)^N$, где B – вероятность битовой ошибки при передаче. В случае резервированной передачи вероятность безошибочной доставки при условии, что передача считается успешной, если безошибочно доставлена хотя бы одна из его копий [11], определяется как $P = 1 - (1 - (1 - B)^N)^k$. Среднее время пребывания пакетов определяется по формулам (1)–(2), причем для резервированной передачи k копий $m = M/k$, а для нерезервированной передачи пакетов $m = M$.

На рисунке представлена зависимость эффективности E резервированных передач пакетов от интенсивности запросов на передачу пакетов через $M=8$ каналов. Расчет проведен в системе компьютерной математики Mathcad-15 при $N = 1024$ бит; $L = 100$ Мбит/с; $B = 10^{-3}$; $t_0 = 1 \cdot 10^{-6}$ с.

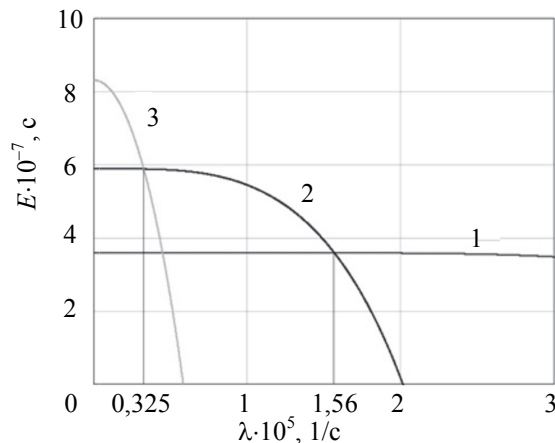


Рисунок. Зависимость эффективности E резервированных передач пакетов от интенсивности запросов. Кривые 1, 2, 3 соответствуют кратностям резервирования передач $k = 1, 2, 4$

Из графиков на рисунке видно существование области целесообразности резервированных передач пакетов. Так, при интенсивности запросов, меньшей 0,325 1/с, наилучшие результаты показывает передача четырех копий пакетов, от 0,325 1/с до 1,56 1/с целесообразна передача двух копий, а свыше 1,56 1/с – передача пакетов без резервирования.

Таким образом, показана эффективность организации резервированных передач копий пакетов через агрегированные каналы, разделенные на группы. Определены границы целесообразного применения резервированной передачи пакетов, критичных к времени их безошибочной доставки через агрегированные каналы, разделяемые на группы.

Литература

1. Aliev T.I. The synthesis of service discipline in systems with limits // *Communications in Computer and Information Science*. 2016. V. 601. P. 151–156. doi: 10.1007/978-3-319-30843-2_16
2. Aliev T.I., Rebezova M.I., Russ A.A. Statistical methods for monitoring travel agencies // *Automatic Control and Computer Sciences*. 2015. V. 49. N 6. P. 321–327. doi: 10.3103/S0146411615060024
3. Aleksanin S.A., Zharinov I.O., Korobeynikov A.G., Perezyabov O.A., Zharinov O.O. Evaluation of chromaticity coordinate shifts for visually perceived image in terms of exposure to external illuminance // *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2015. V. 10. N 17. P. 7494–7501.
4. Богатырев В.А., Кармановский Н.С., Попцова Н.А., Паршутин С.А., Воронина Д.А., Богатырев С.В. Имитационная модель поддержки проектирования инфокоммуникационных резервированных систем // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2016. Т. 16. № 5(105). С. 831–838. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-5-831-838
5. Богатырев В.А., Богатырев С.В. Резервированная передача данных через агрегированные каналы в сети реального времени // *Известия высших учебных заведений. Приборостроение*. 2016. Т. 59. № 9. С. 735–740. doi: 10.17586/0021-3454-2016-59-9-735-740
6. Богатырев В.А. Отказоустойчивость и сохранение

References

1. Aliev T.I. The synthesis of service discipline in systems with limits. *Communications in Computer and Information Science*, 2016, vol. 601, pp. 151–156. doi: 10.1007/978-3-319-30843-2_16
2. Aliev T.I., Rebezova M.I., Russ A.A. Statistical methods for monitoring travel agencies. *Automatic Control and Computer Sciences*, 2015, vol. 49, no. 6, pp. 321–327. doi: 10.3103/S0146411615060024
3. Aleksanin S.A., Zharinov I.O., Korobeynikov A.G., Perezyabov O.A., Zharinov O.O. Evaluation of chromaticity coordinate shifts for visually perceived image in terms of exposure to external illuminance. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2015, vol. 10, no. 17, pp. 7494–7501.
4. Bogatyrev V.A., Karmanovsky N.S., Poptcova N.A., Parshutin S.A., Voronina D.A., Bogatyrev S.V. Simulation model for design support of infocomm redundant systems. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2016, vol. 16, no. 5, pp. 831–838. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-5-831-838
5. Bogatyrev V.A., Bogatyrev S.V. Redundant data transmission using aggregated channels in real-time network. *Journal of Instrument Engineering*, 2016, vol. 59, no. 9, pp. 735–740. doi: 10.17586/0021-3454-2016-59-9-735-740
6. Bogatyrev V.A. Otkazoustoichivost' i sokhraneniye effektivnosti funktsionirovaniya mnogomagistral'nykh raspredelennykh

- эффективности функционирования многомагистральных распределенных вычислительных систем // Информационные технологии. 1999. № 9. С. 44–48.
7. Богатырев В.А. Комбинаторный метод оценки отказоустойчивости многомагистрального канала // Методы менеджмента качества. 2000. № 4. С. 30–35.
 8. Bogatyrev V.A. Exchange of duplicated computing complexes in fault tolerant systems // Automatic Control and Computer Sciences. 2011. V. 46. N 5. P. 268–276. doi: 10.3103/S014641161105004X
 9. Bogatyrev V.A. An interval signal method of dynamic interrupt handling with load balancing // Automatic Control and Computer Sciences. 2000. V. 34. N 6. P. 51–57.
 10. Dudin A.N., Sun' B. A multiserver MAP/PH/N system with controlled broadcasting by unreliable servers // Automatic Control and Computer Sciences. 2009. V. 43. N 5. P. 247–256. doi: 10.3103/S0146411609050046
 11. Bogatyrev V.A., Bogatyrev A.V. Functional reliability of a real-time redundant computational process in cluster architecture systems // Automatic Control and Computer Sciences. 2015. V. 49. N 1. P. 46–56. doi: 10.3103/S0146411615010022
 12. Богатырев В.А. Богатырев А.В. Модель резервированного обслуживания запросов реального времени в компьютерном кластере // Информационные технологии. 2016. Т. 22. № 5. С. 348–355.
 13. Богатырев В.А. Богатырев А.В. Надежность функционирования кластерных систем реального времени с фрагментацией и резервированным обслуживанием запросов // Информационные технологии. 2016. Т. 22. № 6. С. 409–416.
 14. Богатырев В.А., Богатырев С.В., Богатырев А.В. Оптимизация кластера с ограниченной доступностью кластерных групп // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2011. № 1 (71). С. 63–67.
 15. Богатырев В.А. Мультипроцессорные системы с динамическим перераспределением запросов через общую магистраль // Известия вузов. Приборостроение. 1985. № 3. С. 33–38.
 16. Богатырев В.А. К распределению функциональных ресурсов в отказоустойчивых многомашиных вычислительных системах // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2001. № 12. С. 1–5.
 17. Богатырев В.А. Надежность вариантов размещения функциональных ресурсов в однородных вычислительных сетях // Электронное моделирование. 1997. № 3. С. 21–29.
 18. Bogatyrev V.A., Bogatyrev S.V., Golubev I.Yu. Optimization and the process of task distribution between computer system clusters // Automatic Control and Computer Sciences. 2012. V. 46. N 3. P. 103–111. doi: 10.3103/S0146411612030029
 19. Богатырев В.А., Богатырев А.В., Голубев И.Ю., Богатырев С.В. Оптимизация распределения запросов между кластерами отказоустойчивой вычислительной системы // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 3(85). С. 77–82.
 20. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. 363 с.
 21. Богатырев В.А., Сластихин И.А. Эффективность резервированной передачи данных через агрегированные каналы // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2016. Т. 59. № 5. С. 370–376. doi: 10.17586/0021-3454-2016-59-5-370-376
 - vychislitel'nykh system [Resiliency and preserve the functioning of mainline distributed computing systems]. *Informacionnye Tehnologii*, 1999, no. 9, pp. 44–48.
 7. Bogatyrev V.A. Kombinatornyi metod otsenki otkazoustoichivosti mnogomagistral'nogo kanala. *Methods of Quality Management*, 2000, no. 4, pp. 30–35. (In Russian)
 8. Bogatyrev V.A. Exchange of duplicated computing complexes in fault tolerant systems. *Automatic Control and Computer Sciences*, 2011, vol. 46, no. 5, pp. 268–276. doi: 10.3103/S014641161105004X
 9. Bogatyrev V.A. An interval signal method of dynamic interrupt handling with load balancing. *Automatic Control and Computer Sciences*, 2000, vol. 34, no. 6, pp. 51–57.
 10. Dudin A.N., Sun' B. A multiserver MAP/PH/N system with controlled broadcasting by unreliable servers. *Automatic Control and Computer Sciences*, 2009, vol. 43, no. 5, pp. 247–256. doi: 10.3103/S0146411609050046
 11. Bogatyrev V.A., Bogatyrev A.V. Functional reliability of a real-time redundant computational process in cluster architecture systems. *Automatic Control and Computer Sciences*, 2015, vol. 49, no. 1, pp. 46–56. doi: 10.3103/S0146411615010022
 12. Bogatyrev V.A., Bogatyrev A.V. The model of redundant service requests real-time in a computer cluster. *Informacionnye Tehnologii*, 2016, vol. 22, no. 5, pp. 348–355. (In Russian)
 13. Bogatyrev V.A., Bogatyrev A.V. The reliability of the cluster real-time systems with fragmentation and redundant service requests. *Informacionnye Tehnologii*, 2016, vol. 22, no. 6, pp. 409–416. (In Russian)
 14. Bogatyrev V.A., Bogatyrev S.V., Bogatyrev A.V. Clusters optimization with the limited availability of clusters groups. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2011, no. 1, pp. 63–67. (In Russian)
 15. Bogatyrev V.A. Mul'tiprotessornye sistemy s dinamicheskim pereraspredeleniem zaprosov cherez obshchuyu magistral' [Multiprocessor systems with dynamic reallocation requests through a common backbone]. *Izv. vuzov SSSR. Priborostroenie*, 1985, no. 3, pp. 33–38.
 16. Bogatyrev V.A. K raspredeleniyu funktsional'nykh resursov v otkazoustoichivyykh mnogomashinnykh vychislitel'nykh sistemakh [The distribution of functional resources in the fault-tolerant multicomputer systems]. *Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics*, 2001, no. 12, pp. 1–5.
 17. Bogatyrev V.A. Nadezhnost' variantov razmeshcheniya funktsional'nykh resursov v odnorodnykh vychislitel'n. *Engineering Simulation*, 1997, no. 3, pp. 21–29. (In Russian)
 18. Bogatyrev V.A., Bogatyrev S.V., Golubev I.Yu. Optimization and the process of task distribution between computer system clusters. *Automatic Control and Computer Sciences*, 2012, vol. 46, no. 3, pp. 103–111. doi: 10.3103/S0146411612030029
 19. Bogatyrev V.A., Bogatyrev A.V., Golubev I.Yu., Bogatyrev S.V. Queries distribution optimization between clusters of fault-tolerant computing system. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2013, no. 3, pp. 77–82.
 20. Aliiev T.I. *Osnovy Modelirovaniya Diskretnykh System* [Fundamentals of Simulation of Discrete Systems]. St. Petersburg, SPbSU ITMO Publ., 2009, 363 p.
 21. Bogatyrev V.A., Slastikhin I.A. Effectiveness of redundant data transmission over aggregate channels. *Journal of Instrument Engineering*, 2016, vol. 59, no. 5, pp. 370–376. doi: 10.17586/0021-3454-2016-59-5-370-376

Авторы

Богатырев Владимир Анатольевич – доктор технических наук, профессор, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Vladimir.bogatyrev@gmail.com

Сластихин Иван Александрович – аспирант, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Stopgo89@gmail.com

Authors

Vladimir A. Bogatyrev – D.Sc., Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Vladimir.bogatyrev@gmail.com

Ivan A. Slastikhin – postgraduate, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Stopgo89@gmail.com