

ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫЙ НЕБЛОКИРУЕМЫЙ ТРЕХМЕРНЫЙ РАЗРЕЖЕННЫЙ ГИПЕРКУБ

В.С. Подлазов

Аннотация. Предложена системная сеть в виде неблокируемого отказоустойчивого трехмерного обобщенного p -ичного гиперкуба с одним процессором в каждом узле гиперкуба. В любой неблокируемой сети данные между абонентами передаются с наименьшими задержками по прямым каналам без промежуточной буферизации. Отмечено, что сети с топологией обобщенного гиперкуба имеют наименьшие длины прямых каналов и наименьшие задержки передачи. Разработана структура этого гиперкуба на базе сетей с топологией квазиполного графа, которая позволяет разминивать число абонентов на число разных прямых каналов между любыми абонентами и задавать канальную и узловую отказоустойчивость сети. Даны параметры квазиполных графов, существующих при любой p -ичности гиперкуба. В результате предложена структура сети в виде разреженного p -ичного гиперкуба с числом узлов несколько меньшим, чем в обычном p -ичном гиперкубе. Разреженный гиперкуб разработан как отказоустойчивая системная сеть для однокристального процессора-ускорителя с несколькими сотнями ядер. Разработаны процедура и алгоритм прокладки бесконфликтных прямых каналов посредством динамической локальной самомаршрутизации пакетов, при котором узлы не взаимодействуют друг с другом и используют только расширенную маршрутную информацию из пакетов.

Ключевые слова: системная сеть, квазиполный граф, обобщенный гиперкуб, канальная отказоустойчивость, коммутационные свойства, неблокируемая сеть, бесконфликтные прямые каналы, локальная динамическая самомаршрутизация.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Каравай М.Ф., Подлазов В.С.* Метод инвариантного расширения системных сетей многопроцессорных вычислительных систем. Идеальная системная сеть // Автоматика и телемеханика. – 2010. – № 12. – С. 166–176. [*Karavay, M.F., Podlazov, V.S.* An Invariant Extension Method for System Area Networks of Multicore Computational Systems. An Ideal System Network // Automation and Remote Control. – 2010. Vol. 71. – No. 12. – P. 2644–2654.]
2. *Каравай М.Ф., Подлазов В.С.* Распределенный полный коммутатор как «идеальная» системная сеть для многопроцессорных вычислительных систем // Управление большими системами. – 2011. – Вып. 34. – С. 92–116. [*Karavai, M.F., Podlazov, V.S.* Raspredeleennyi polnyi kommutator kak «ideal'naya» sistemnaya set' dlya mnogoprotsessornykh vychislitel'nykh sistem // Upravlenie bol'shimi sistemami. – 2011. – No. 34. – S. 92–116. (In Russian)]
3. *Подлазов В.С.* Бесконфликтная самомаршрутизация для трехмерного обобщенного гиперкуба // Проблемы управления. – 2018. – No. 3. – С. 26–32. [*Podlazov, V.S.* Beskonfliktnaya samomارشrutizatsiya dlya trekhmernogo obobshchennogo giperkuba // Control Sciences. – 2018. – No. 3. – P. 26–32. (In Russian)]
4. *Bhuyan, L.N., and Agrawal, D.P.* Generalized Hypercube and Hyperbus Structures for a Computer Network // IEEE Trans. on Computers. – 1984. – Vol. C-33, no 4. – P. 323–333.
5. *Alverson, R., Froese, E., Kaplan, L., and Roweth, D.* Cray[®] XC[™] Series Network. – URL: <https://www.cray.com/sites/default/files/resources/CrayXCNetwork.pdf>
6. *Каравай М.Ф., Пархоменко П.П., Подлазов В.С.* Комбинаторные методы построения двудольных однородных минимальных квазиполных графов (симметричных блок-схем) // Автоматика и телемеханика. – 2009. – № 2. – С. 153–170. [*Karavay, M.F., Parkhomenko, P.P., Podlazov, V.S.* Combinatorial methods for constructing bipartite uniform minimal quasicomplete graphs (symmetrical block designs // Automation and Remote Control. – 2009. Vol. 70, no. 2. – P. 312–327.]
7. *Холл М.* Комбинаторика. – М.: Мир, 1970. – Гл. 10–12. [*Hall, M.* Combinatorial Theory. – Waltham: Blaisdell Publishing Company, 1967. – Ch. 10–12.]

8. *Каравай М.Ф., Подлазов В.С.* Расширенные блок-схемы для идеальных системных сетей // Проблемы управления. – 2012. – № 4. – С. 45–51. [*Karavay, M.F., Podlazov, V.S.* Rasshirennye blok-skhemu dlya ideal'nykh sistemnykh setei // Control Sciences. – 2012. – No. 4. – P. 45–51. (In Russian)]
9. *Подлазов В.С.* Бесконфликтная самомаршрутизация для трехмерного полного мультикольца // Проблемы управления. – 2018. – № 4. – С. 54–60. [*Podlazov, V.S.* Conflict-Free Self-Routing for a Three-Dimensional Complete Multiring // Automation and Remote Control. – 2019. – Vol. 80, no. 5. – P. 936–945.]

Статья представлена к публикации членом редколлегии В.М. Вишневым.

*Поступила в редакцию 9.09.20, после доработки 2.12.2019.
Принята к публикации 2.12.2019.*

Подлазов Виктор Сергеевич – д-р техн. наук, ✉ podlazov@ipu.ru,

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва.

FAULT-TOLERANT NON-BLOCKING THREE-DIMENSIONAL SPARSE HYPERCUBE

V.S. Podlazov

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

✉ podlazov@ipu.ru

Abstract. A system network is proposed in the form of a non-blocking fault-tolerant three-dimensional generalized p -ary hypercube with a single processor in each node of the hypercube. In any non-blocking network, data between processors is transmitted over direct channels with the lowest latencies and without intermediate buffering. Networks with the topology of a generalized hypercube have the smallest lengths of direct channels and the smallest transmission delays. The structure of this hypercube based on networks with the topology of a quasi-complete graph is developed, which allows exchanging the number of processors for the number of different direct channels between any processors and setting the channel and node fault tolerance of the network. The parameters of quasi-complete graphs that exist for any p -identity of a hypercube are given. As a result, a network structure is proposed in the form of a sparse p -ary hypercube with a number of nodes slightly smaller than in a regular p -ary hypercube. The sparse hypercube is designed as a fault-tolerant system network for a single-chip processor accelerator with several hundred cores. A procedure and an algorithm for the laying of conflict-free direct channels through dynamic local packet self-routing has been developed, in which the nodes do not interact with each other and use only extended routing information from the packets.

Keywords: system network, quasi-complete graph, generalized hypercube, channel fault tolerance, switching properties, non-blocking network, conflict-free direct channels, local dynamic self-routing.