

СРАВНЕНИЕ ДВУХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЗЛА КРУПНОМАСШТАБНОЙ СЕТИ¹⁰⁹

Ташев Т.Д.¹, Баканов А.С.²

¹Институт информационных и коммуникационных технологии БАН
Болгария, София 1113, ул. Акад. Г.Бончев” бл.2, ИИКТ-БАН,

²Институт психологии РАН, Россия, 129366, Москва, ул. Ярославская, д.13
ttashev@iit.bas.bg, arsb2000@pochta.ru

Аннотация: Настоящая работа посвящена вопросам, связанным с оценкой производительности расчета пропускной способности (ПС) узла крупномасштабной распределенной информационной системы с использованием МИМА-алгоритма и LPF-алгоритма. В рамках проведенных исследований была разработана модель для компьютерного моделирования, включающая модифицированный вариант МИМА-алгоритма, описаны полученные результаты.

Ключевые слова: мониторинг, моделирование, крупномасштабные распределенные сети, пропускная способность.

Введение

Проблема вычисления бесконфликтного расписания для коммуникационного узла крупномасштабной информационной сети, с пакетной передачей, относится к важным задачам, которые необходимо решать на этапе проектирования крупномасштабной сети обмена данных [Chao and Lui, 2007]. Коммуникационный узел для коммутации пакетов с матричным переключателем (коммутатор - Crossbar Switch Node) должен максимально ускорять передачу пакетов данных используя параллелизм путей в своем коммутационном поле (switching fabric) [Hu et al., 2014]. В идеальном случае узел передает пакеты между узлами, подключенными к его портам, с той скоростью с которой эти узлы генерируют пакеты, не внося дополнительных задержек и не теряя ни одного пакета. Достижение этой цели обеспечивает бесконфликтное расписание коммутации, вычисляемое управляющим блоком (scheduler) коммутатора [Gupta and McKeown, 1999].

Математически доказано, что задача для вычисления бесконфликтного расписания является NP-полной. Существующие алгоритмы решения удовлетворяют требованиям частично, используя математический аппарат теории массового обслуживания, а также генетические алгоритмы, матрицы-маски и др. [Rojas_2017].

Увеличение пропускной способности связных каналов, а также объемов коммуникационного трафика требует создания новых алгоритмов. Первый шаг при проверке эффективности нового алгоритма для расчета бесконфликтного расписания – это моделирование пропускной способности (ПС) коммутатора при равномерно распределенном входящем трафике (i.i.d. Bernoulli). На следующем шаге выполняется проверка при неравномерно распределенном трафике. Для коммутатора крупномасштабной сети такие проверки надо произвести для коммутационного поля большой размерности (больше 32x32). Это можно рассматривать как крупномасштабное моделирование по сравнению с классическим выбором размеров поля (типа 8x8, 16x16, 32x32) [Hu et al., 2014].

1 Описание алгоритмов и условий моделирования

Для вычисления бесконфликтного расписания был предложен новый алгоритм, названный МиМа-алгоритм (Minimum of Maxima). Он создан с использованием аппарата Обобщенных сетей [Atanassov_1997]. Его формальное описание опубликовано в [Tashev_2016]. МиМа-алгоритм является представителем класса „весовых” (weight-match [Rojas_2017]) алгоритмов. В настоящей работе производится сравнение МиМа-алгоритма с другими представителями этого класса алгоритмов. Для сравнения был выбран LPF-алгоритм [Mekkittikul_1998].

Выбор LPF-алгоритма, обусловлен тем, что для него показано, что он является оптимальным как для класса „весовых” (weight-match), так и для класса „не-весовых” (size-match) алгоритмов.

Было проведено компьютерное моделирование пропускной способности узла с использованием LPF-алгоритма тем же способом, как и для МиМа-алгоритма ([Tashev_2016]), чтобы иметь сопоставимые результаты. Для расчета был использован программный пакет Vfort, предоставленный для свободного пользования Институтом прикладной математики РАН [Vabishchevich_2019]. Расчеты выполнены на высокопроизводительной грид-структуре HPCG (High-performance grid cluster) - HP Cluster Platform Express 7000 enclosures with 36 blades BL 280c (Total 576 CPU cores) -

¹⁰⁹ Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ №18-07-00833А.

Института Информационных и коммуникационных технологий Болгарской Академии Наук (www.hpc.acad.bg/system-2/). Компилирование и выполнение производились локально в грид-структуре.

2 Результаты компьютерного моделирования

В качестве входных данных для вычисления бесконфликтного расписания использовалась матрица заявок T для равномерно распределенного входящего трафика. Поскольку в настоящей работе описывается начальная стадия исследований, то для сравнения указанных алгоритмов, был выбран первый представитель семейства шаблонов для T см. [Tashev_2016]. В нашем случае это матрица, чьи элементы принимают значение 1 (Шаблон1).

На рис.1 и 2 показаны результаты вычислений LPF-алгоритма. Расчет был выполнен для размерности коммутационного поля ($n \times n$) матричного переключателя узла от (3x3) до (100x100). По горизонтальной оси показана размерность n входной матрицы T ($k \times k$). По вертикальной оси влево показана ПС (throughput) алгоритма, усредненная по 10 000 вычислений. По вертикальной оси вправо - время для вычисления расписания (в секундах, усредненное также по 10 000 вычислений). LPF-алгоритм выбирает случайным образом элемент для коммутации в случае, когда есть несколько элементов с одинаковым максимальным весом. Для получения необходимой точности значения ПС, оказалось необходимым провести 100 000 вычислений.

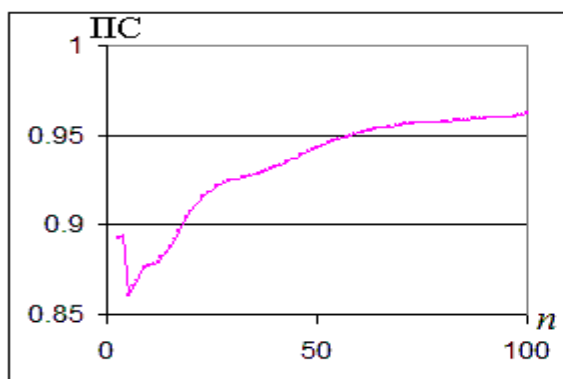


Рисунок 1. ПС для LPF-алгоритм

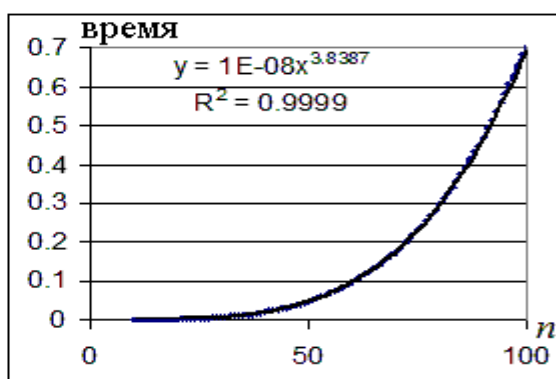


Рисунок 2. Время вычисления для LPF

На рис.3 и 4 показано сравнение результатов работы с Мима-алгоритма [Tashev_2015]. Качественные выводы достаточно определены – МиМа-алгоритм имеет меньшую ПС, но зато и меньшую вычислительную сложность. На правой границе участка ПС ($n=100$) у МиМа-алгоритма она хуже на ~2%. Можно высказать предположение, что при возрастании n разность в ПС должна будет уменьшаться, так как обе ПС стремятся к одному значению (100%).

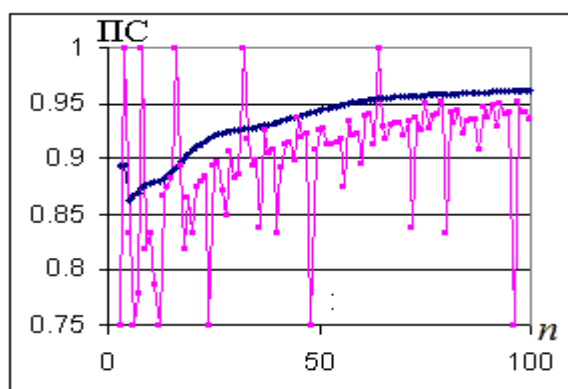


Рисунок 3. Сравнение ПС с МиМа-алгоритма

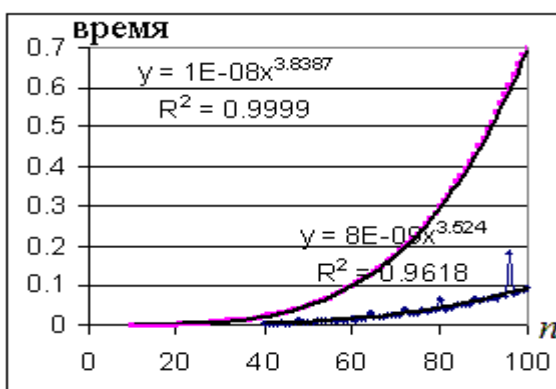


Рисунок 4. .Время вычисления для оба алг-ов.

При увеличении размерности коммутационного поля, после прохождения некоторого значения n у МиМа-алгоритма ПС будет совпадать с оптимумом предоставляемым LPF-алгоритмом (например разность будет менее 1%), при (значительно) меньших затратах на время вычисления.

При будущих исследованиях планируется провести моделирование при больших n (примерно 100x100 и более) с целью определения значения, при котором разность в ПС будет менее 1%.

Литература

1. *Баканова Н.Б.* Использование программно-технических комплексов для повышения эффективности контроля в системах документооборота // «Электросвязь». 2007. № 6. С. 51–53.
2. *Ташев Т.Д., Баканов А.С.* Разработка модели пропускной способности сети с использованием МИМА-алгоритма // «Электросвязь» 2017 №8 С. 32-35.
3. *Цвиркун А.Д.* Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1997. – 256с.
4. *Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К., Соловьев М.М.* Моделирование развития крупномасштабных систем. – М.: Экономика. 1983. – С.35-38.
5. *Chao, H., B. Lui,* High performance switches and routers. John Wiley & Sons, 2007.
6. *Hu, B., K. Yeung, C. He.* On Iterative Scheduling for Input-queued Switches with a Speedup of $2-1/N$. Proceedings of 15th IEEE Int. Conf. HPSR 2014, July 1-4, 2014, Vancouver, Canada, pp.26-31.
7. *P.Gupta, N.McKeown.* Designing and Implementing a Fast Crossbar Scheduler. IEEE Micro, Jan-Feb 1999, pp. 20-28.
8. *Rojas-Cessa R.* Interconnections for Computer Communications and Packet Networks. CRC Press, 2017.
9. *Atanassov, K.* Generalized Nets and System Theory. Prof. M.Drinov Acad. Publ. House, Sofia, Bulgaria, 1997.
10. *Tashev, T., M. Marinov, V. Monov, R. Tasheva.* Modeling of the MiMa-algorithm for crossbar switch by means of Generalized Nets. Proc. of Intelligent Systems (IS), 2016 IEEE 8th International Conference on, Sofia, p. 593-598, 2016.
11. *Mekkittikul A., N. McKeown,* A practical algorithm to achieve 100% throughput in input-queued switches. Proceedings of IEEE INFOCOM'98, March 1998. pp. 792-799.
12. *Vabishchevich P.* VFort. <http://www.nomoz.org/site/629615/vfort.html> (last checked June 1, 2019).