

Увеличение производительности при увеличении размера блока данных CDU (рис. 2,а, 3,а) можно объяснить тем, что уменьшается количество RDMA-операций при доступе к списку, так как за один раз считывается большее количество элементов списка (размер элемента в данном случае равен 16 байтам). Большее количество элементов списка в блоке CDU приводит и к увеличению откатов транзакций (рис. 2,б, 3,б).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Reinders J.* Transactional Synchronization in Haswell // Intel Software Network. URL: <http://software.intel.com/en-us/blogs/2012/02/07/transactional-synchronization-in-haswell/> (дата обращения: 9.05.2012).
2. *Merritt R.* IBM plants transactional memory in CPU // Intel Software Network. URL: <http://www.eetimes.com/electronics-news/4218914/IBM-plants-transactional-memory-in-CPU> (дата обращения: 9.05.2012).
3. *Grahn H.* Transactional Memory // In: J. Parallel Distrib. Comput. – 2010. – Vol. 70 (10). – P. 993-1008.
4. *Bocchino R.L., Adve V.S., Chamberlain B.L.* Software transactional memory for large scale clusters // In Proc. ACM SIGPLAN Symp. on Principles and Practice of Parallel Prog. (PPOPP 2008), 20–23 February 2008, Salt Lake City, UT, USA. – P. 247-258.
5. *Saad M.M., Ravindran B.* Transactional Forwarding Algorithm: Technical Report // ECE Dept., Virginia Tech, January 2011.
6. *Larus J., Kozyrakis C.* Transactional Memory // In: Communications of the ACM. – 2008. – Vol. 51 (7). – P. 80-88.
7. *Данилов И.Г.* Прототип распределённой программной транзакционной памяти DSTM\_P1 // Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах: Материалы XI Всероссийской конференции (Н. Новгород, 2–3 ноября 2011 г.) / Под ред. проф. В.П. Гергея. – Н. Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2011. – С. 102-107.
8. Velox Project. Dresden TM Compiler // URL: <http://www.velox-project.eu/software/dtmc> (дата обращения: 9.05.2012).

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. Н.И. Витиска.

**Данилов Игорь Геннадьевич** – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: [vainamon@gmail.com](mailto:vainamon@gmail.com); 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП 17А; тел.: 88634371773; кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ; аспирант.

**Danilov Igor Gennad'evich** – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; GSP 17A, 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; e-mail: [vainamon@gmail.com](mailto:vainamon@gmail.com); phone: +78634371773; the department of software engineering; postgraduate student.

УДК 004.724.4

**Д.В. Кутузов, А.В. Осовский, Е.А. Моторина**

#### ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ КОММУТАЦИЯ В МНОГОЗВЕННЫХ СХЕМАХ

*Рассматриваются проблемы построения параллельных пространственных коммутационных систем. Проводится анализ недостатков кроссовых схем и возможности реализации параллельной коммутации в многозвенных схемах. В статье описана структура параллельного кроссового коммутатора, который является базовым при построении многозвенных схем. Описывается структура коммутационного элемента параллель-*

ных пространственных коммутационных систем. Параллельные пространственные коммутационные системы, базирующиеся на таких ячейках коммутации позволят сократить время установления соединений и потери, обусловленные занятостью общего устройства управления.

*Коммутация; параллельная коммутация; пространственная коммутация; кроссовые схемы; многозвенные схемы; элементы коммутации*

**D.V. Kutuzov, A.V. Osovskiy, E.A. Motorina**

### **PARALLEL SWITCHING IN MULTISTAGE SYSTEMS**

*The article is devoted to the problems of building the parallel space switching systems. The shortcomings of crossbar switches are being analyzed as well as the possibilities of realization of parallel switching in ladder circuits. There is also a description of the structure of parallel cross switch which is the basic one in building the ladder circuits. The structure of the switching elements of the parallel space switching systems is described as well. The parallel space switching systems based on such switch cabins will allow to reduce the connection time and losses caused by the congestion of the general control unit.*

*Switching; parallel switching; space switching; cross switch; multistage schemes; switching elements.*

При реализации различных режимов коммутации значительную роль играют механизмы настройки коммутационных схем. Настройка коммутационной системы – это процесс установления составляющих ее коммутационных элементов в определенные состояния, для того чтобы реализовать необходимые соединения. Чтобы установить необходимые соединения источников и приемников информации в системе пространственной коммутации или передать пакет в системе пакетной коммутации, необходимо изменить состояния некоторых или всех элементов схемы.

Наиболее распространенной схемой коммутации является матричная схема. Кроссовая (матричная) однозвенная схема является неблокирующей коммутационной схемой и может работать во всех режимах коммутации [1] – разовом, однократном или пачечном. Ее недостатком является большое число точек коммутации:  $K \times M$ , где  $N$  – число входов;  $M$  – число выходов.

При этом при полном использовании схемы из  $K$  точек коммутации будет работать лишь  $\min \{N, M\}$  точек. В кроссовой схеме может быть реализован децентрализованный режим управления, если каждый коммутационный элемент (КЭ) снабдить собственным локальным устройством управления.

В ряде работ показано, что на базе данной схемы может быть реализована параллельная децентрализованная настройка как в разовом режиме коммутации [2], так и в пачечном при динамически поступающих требованиях на установление соединений [3, 4, 7].

Число точек коммутации в кроссовой схеме можно сократить, если использовать многокаскадную (иногда говорят, многозвенную) структуру построения коммутационной системы. Тогда, используя кроссовые коммутаторы малой размерности, можно строить многокаскадные коммутаторы большой емкости.

Вообще, при построении многокаскадных коммутационных систем обычно придерживаются следующих правил [5]:

- ◆ все коммутаторы, принадлежащие одному каскаду, имеют одинаковую емкость;
- ◆ выходы каждого коммутатора данного каскада подсоединены к входам коммутатора следующего каскада;
- ◆ входы многокаскадного коммутатора являются входами коммутаторов первого каскада;
- ◆ выходы многокаскадного коммутатора являются выходами коммутаторов последнего каскада.

Многокаскадный коммутатор производит соединение входов с выходами с помощью переключения коммутаторов отдельных каскадов. Зачастую одну и ту же пару выход/вход можно соединить, используя различные коммутаторы промежуточных каскадов.

Класс схем, имеющих меньшее число точек коммутации, нежели кроссовая (матричная) схема, были разработаны Ч. Клоссом [6].

Схемы формируются из трех каскадов (рис. 1) коммутаторов:  $N/n$  коммутаторов ( $n \times m$ ) в первом (входном) каскаде,  $N/n$  коммутаторов ( $m \times n$ ) в третьем (выходном) каскаде и  $m$  промежуточных коммутаторов  $r \times r$ , где  $r=N/n$ .

Соединения внутри коммутатора строятся следующим образом:  $j$ -й выход  $i$ -го коммутатора входного каскада соединен с  $i$ -м входом  $j$ -го промежуточного коммутатора;  $j$ -й вход  $k$ -ого коммутатора выходного каскада соединен с  $k$ -м выходом  $j$ -го промежуточного коммутатора.

Данный тип коммутаторов позволяет соединять любой вход с любым выходом, но при установленных соединениях добавление нового соединения может потребовать разрыва и переустановки всех соединений. Однако при  $m \geq 2n-1$  эта схема является неблокирующей коммутационной схемой и уже установленные в ней соединения не влияют на вновь образуемые. Существуют и другие неблокирующие многозвенные схемы.

Недостатком подобных схем является сложность настройки подобных схем, так как неизвестны какие-либо эффективные алгоритмы их параллельной настройки в пачечном режиме.

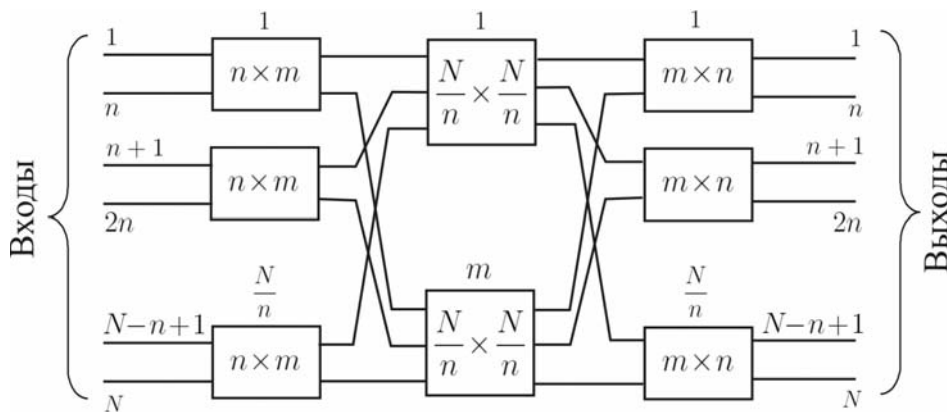


Рис. 1. Трехкаскадная схема Ч.Клосса

Параллельная коммутация может быть реализована и в многозвенных схемах. Каждый коммутатор многозвенной схемы представляет собой матрицу коммутационных элементов. Такая матрица [7], реализующая пачечный режим коммутации, обеспечивает параллельную пространственную коммутацию информационных пакетов, поступающих в случайные моменты времени, и состоит из следующих блоков (рис. 2): блока синхронизации поступающего пакета с моментом идентификации (1), элементов коммутации (2) и блоков генерации тэгов выходных линий (3).

Функционирование системы осуществляется в соответствии со следующим алгоритмом: на вход системы поступают требования на установления соединений. Каждое такое требование представляет собой информационный пакет, имеющий заголовок – тэг, идентифицирующий выходную линию коммутационной системы, на которую необходимо переслать данный пакет. Так как требования на установ-

ление соединения (пакеты) поступают на входы системы в случайные моменты времени, т.е. асинхронно, а осуществление идентификации возможно лишь в определенные моменты времени, то требование должно быть задержано до момента, когда возможно начать сравнение тэгов и коммутацию. Такая задержка осуществляется блоками синхронизации поступающих пакетов с моментов идентификации и может быть различна для пакетов, поступивших в разные моменты времени. Несколько требований (пакетов), ожидающих начала идентификации, представляют пачку.

Идентификация представляет собой процесс побитного сравнения тэга линии, к которой необходимо установить соединение (он содержится в пакете), и тэгов выходных линий, генерацию которых производят блоки 3 (рис. 2). При совпадении тэга выходной линии с тэгом, содержащимся в заголовке пакета, соответствующим коммутационным элементом устанавливается соединение для прохождения пакета на выход системы. После прохождения пакета соединение должно быть разрушено. Все функции разрешения конфликтов, которые возникают, например, при попытке двух и более входных линий установить соединение с одной выходной линией, возложены на элементы коммутации 2.

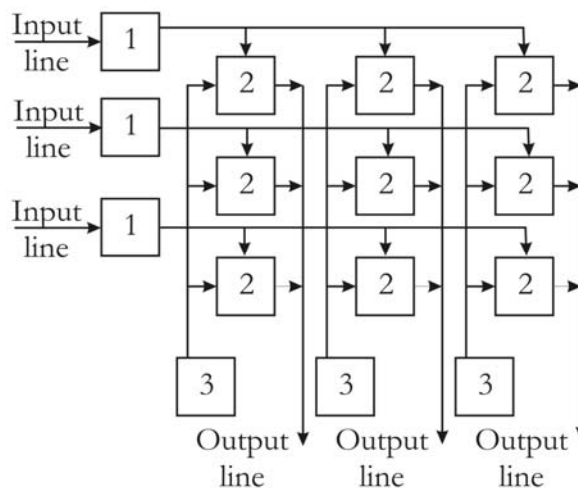


Рис. 2. Параллельная матричная коммутационная система

Коммутационный элемент является в данной системе наиболее сложным звеном. Однако он может быть представлен цифровым автоматом, состоящим из операционной и управляющей частей (рис. 3). В состав операционной части входят такие узлы, как узел сравнения идентификаторов, узел приоритетов и узел коммутации. Узел сравнения идентификаторов служит для сравнения идентификатора, содержащегося в заголовке пакета, и идентификатора, поступающего из блока генерации имен. Узел приоритетов служит для разрешения конфликта, возникающего при попытке установить соединение от двух или более входов к одному выходу. Узел коммутации служит для установления и удержания соединения, в случае, если идентификаторы совпали, и узел приоритетов не заблокировал соединение.

Коммутационный элемент имеет следующий алгоритм функционирования. Изначально коммутационный элемент находится в состоянии ожидания сигнала «начало идентификации».

Если сигнал «начало идентификации» подан, то проверяется, нет ли блокировок столбца (наличия сигнала «блокировка столбца», строки, а также собственной блокировки).

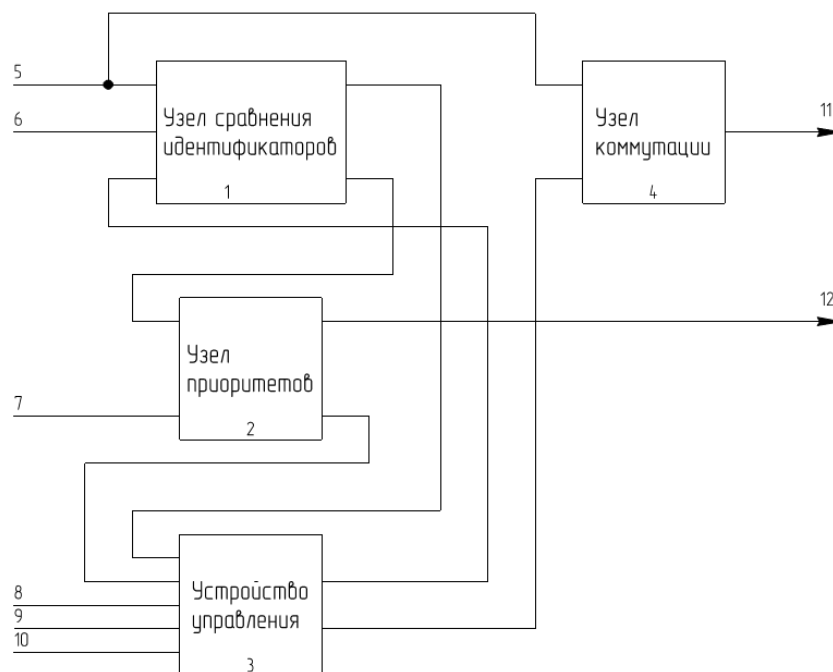


Рис. 3. Коммутационный элемент

В случае отсутствия этих сигналов выдается сигнал разрешения сравнения идентификаторов в блоке сравнения. Проверка блокировок производится с целью исключения попытки установить соединение в заблокированном столбце. Если же один из сигналов присутствует, то коммутационный элемент переходит в состояние ожидания, т.е. в начальное состояние.

Проверяется внешний сигнал «конец передачи идентификаторов». Если сигнал установлен, и устройство сравнения идентификаторов определило совпадение идентификаторов, то выдается сигнал на проверку возможных конфликтов. Иначе коммутационный элемент переходит в состояние ожидания.

Проверяется и разрешается конфликт: определяется приоритет коммутационного элемента, который устанавливает соединение. Устанавливаются сигналы блокировки строки, столбца и собственно соединение. Ожидается сигнал конец пакета, который переводит элемент коммутации в исходное состояние, снимаются сигналы блокировок.

Параллельные пространственные коммутационные системы, базирующиеся на таких ячейках коммутации позволят сократить время установления соединений и потери [8], обусловленные занятостью общего устройства управления.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дудко А.Л. Неблокирующие коммутационные схемы. – М.: ВЦ АН СССР, 1990. – 59 с.
2. А.с. №1441471 СССР, МПК Н 03 К 17/04. Матричный коммутатор с параллельной настройкой / Каляев А.В., Жила В.В.; заявитель Таганрогский радиотехнический институт им. В.Д.Калмыкова. – №4142175/21-21; заявл. 03.11.86; опубл. 30.11.88. Бюл. №44.

3. *Kutuzov D.* Switching Element for Parallel Spatial Systems / D.Kutuzov, A.Utesheva // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2011), Proceedings. – Krasnoyarsk: Russia Siberia Section of the IEEE Siberian Federal University, september 15–16, 2011. – P. 60-62.
4. *Кутузов Д.В., Утешева А.Ю.* Схемотехническая реализация и моделирование коммутационных ячеек параллельных пространственных коммутационных систем // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – Астрахань: Изд. дом «Астраханский университет». – 2010. – № 3 (11). – С. 11-16.
5. *Бахтеяров С.Д.* и др. Транспьютерная технология / Под ред. С.В. Емельянова. – М.: Радио и связь, 1993. – 302 с.
6. *Closs C.A.* A study of non-blocking switching networks // Bell Syst. Tech. J. – 1953. – Vol. 32. – № 2. – P. 406-424.
7. *Кутузов Д.В.* Параллельные устройства распределения и обработки информации / Кутузов Д.В., Осовский А.В. // Монография. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, 2012. – 103 с.
8. *Кутузов Д.В., Осовский А.В.* Имитационное моделирование параллельной пространственной коммутационной системы // Известия Волгоградского государственного технического университета: Межвуз. сб. науч. ст. – Волгоград: ВолГТУ, 2007. – Вып. 3, № 9 (35). – С. 137-139.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н., доцент Д.М. Сурков.

**Кутузов Денис Валерьевич** – ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет»; e-mail: d\_kutuzov@mail.ru 414004, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, к. 415; тел.: 88512541817; кафедра информационных систем; к.т.н.; доцент.

**Осовский Алексей Викторович** – e-mail: a\_osovskiy@mail.ru; кафедра информационных систем; к.т.н.; доцент.

**Моторина Екатерина Алексеевна** – katerinka.90.ru@mail.ru; 414004, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, к. 220; тел.: 88512255358; факультет математики и информационных технологий, студентка.

**Kutuzov Denis Valer'evich** – Astrakhan State University; e-mail: d\_kutuzov@mail.ru; Tatisheva street, 20a, office 145, Astrakhan, 415414004, Russia; phone: +78512541817; the department of information systems; cand. of eng. sc.; associate professor.

**Osovskiy Alexey Victorovich** – e-mail: a\_osovskiy@mail.ru; the department of information systems; cand. of eng. sc.; associate professor.

**Motorina Ekaterina Alexeevna** – e-mail: katerinka.90.ru@mail.ru; 20a, Tatisheva street, office 220, Astrakhan414004, Russia; phone: +78512255358; the faculty of mathematics and information technology; student.

УДК 681.3.07

**А.Е. Бондарев**

### **ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ СТРУКТУР В ПРОСТРАНСТВЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

*Рассматривается подход, предназначенный для быстрой приближенной оценки условий возникновения нестационарных пространственно-временных структур в потоках. Этот подход основан на решении оптимизационной задачи и применении методов визуального представления для анализа многомерного массива дискретных данных, получаемого в результате вычислений. Решение задачи оптимизационного анализа реализовано с помощью параллельного алгоритма в форме многозадачного расчета. Применение этого*