

ТЕХНОЛОГИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КОММУТАЦИИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Е.А. Барабанова

В статье изложен способ повышения пропускной способности телекоммуникационных сетей за счет использования коммутаторов с параллельным принципом установления соединений.

Основная идея решения заключается в реализации алгоритма параллельной коммутации совместно с передачей пакетов. В основе предлагаемого коммутатора лежит трехкаскадная коммутационная система

Ключевые слова: *сети передачи данных, коммутаторы, многозвенные коммутаторы, трехкаскадная коммутационная система, коммутация с буферизацией пакетов, коммутация пакетов*

Keywords: *data networks, commutators, spline commutators, a three-stage switching system, commutation with buffering packages, packet switching*

Одним из важнейших параметров, характеризующих производительность телекоммуникационных сетей, является пропускная способность. Она зависит от емкости сети и скорости коммутации. Поэтому, исследуя средние и крупные телекоммуникационные сети, следует обращать внимание на используемую ими технологию коммутации пакетов.

Процесс коммутации (или процесс установления соединений) может производиться последовательно или параллельно. При последовательном способе поиск промежуточных путей для каждого входа в соответствии с командой коммутации производится последовательно. При параллельном способе – поиск каналов связи для всех команд, поступивших на входы коммутаторов сетей в данный момент времени, осуществляется одновременно.

Применение параллельного способа коммутации позволяет значительно повысить скорость поиска каналов связи, а следовательно, и пропускную способность телекоммуникационных сетей.

В зависимости от характера поступления требований и отбоев процесс коммутации может происходить в разовом или одиночном режимах. Если вызовы и отбои в системе носят случайный характер, то говорят, что коммутатор или коммутационная система (КС) работает в режиме одиночной коммутации.

Коммутационные системы, работающие в режиме разовой коммутации, отличаются тем, что перед установлением соединений в них известны все поступившие заявки на соединения и для каждого требования установление соединения осуществляется с учетом всех существующих в данный момент заявок. Такие системы обладают тем преимуществом, что они могут иметь минимально возможное число точек коммутации. Недостатком таких систем является то, что все соединения должны устанавливаться и заканчиваться одновременно.

Отличительной особенностью процесса коммутации в телекоммуникационном оборудовании является то, что заявки на обслуживание, представляющие собой пакеты данных, поступают в случайные моменты времени, поэтому основным требованием к коммутаторам является совмещение процесса параллельного установления соединений и передачи пакетов.

Большинство существующих в настоящее время коммутаторов используют технологию последовательной коммутации. К ним относят коммутаторы с общей шиной и разделяемой памятью.

Коммутатор на основе общей шины используется только в небольших локальных сетях и не применяется в магистральных сетях передачи данных. Коммутатор, построенный на основе разделяемой памяти, при большом числе входов обладает большой аппаратной избыточностью, так как для поддержания необходимой скорости передачи ячеек необходимо иметь большой объем буфера, а это связано с введением дополнительных элементов (таких как счетчик) в структуру коммутатора.

Из анализа существующих топологий КС [4], применяемых для построения коммутаторов сетей передачи данных, следует, что только коммутатор Баньяна и сортирующие схемы позволяют осуществлять параллельный поиск каналов связи. Но данные схемы обладают существенными недостатками: во-первых, возникновением внутренних блокировок, а во-вторых, работой только в разовом режиме коммутации.

По этим причинам они не могут быть использованы для создания коммутационных систем большой емкости и не позволят повысить пропускную способность коммутаторов сетей передачи данных.

Наиболее эффективным, с точки зрения организации параллельных процессов, является пространственный коммутатор, позволяющий реализовать все варианты соединения устройств сетей передачи данных между собой. К пространственным коммутаторам относят матричные коммутаторы и многокаскадные КС. Частным случаем многокаскадной КС является трехкаскадная.

Недостатком матричного коммутатора является зависимость сложности реализации пропорционально квадрату количества портов. Поэтому несмотря на то, что существуют технические решения, позволяющие производить в матричном коммутаторе параллельный поиск каналов связи, они не могут быть применимы для построения коммутаторов с большим числом портов. Следовательно, их использование не позволит повысить пропускную способность оборудования сетей передачи данных.

Принцип параллельного поиска каналов связи реализован в трехкаскадных КС [1] для многопроцессорных вычислительных систем. Однако их непосредственное использование для построения коммутаторов сетей передачи данных невозможно, так как существующие трехкаскадные КС работают в разовом режиме коммутации. По этой же причине созданные на их основе коммутаторы не могут быть применимы для передачи чувствительного к задержкам трафика, таких как речь или видео. Для того, чтобы использовать существующую технологию параллельной коммутации в сетях передачи данных, требовалось разработать новый алгоритм работы коммутационной системы.

Коммутатор сетей передачи данных, структура которого представлена на рис. 1, предназначен для сетей передачи данных и использует принципы коммутации пакетов.

Большинство современных телекоммуникационных сетей, вычислительных сетей и сетей передачи данных использует технологию пакетной передачи данных. Согласно этой технологии, последовательность бит от источника информации заключается в контейнер и передается приемнику информации. Такой контейнер называется пакетом. Пакет снабжен заголовком (см. рис. 2), где указана служебная информация – адрес отправителя, адрес получателя, указан способ проверки целостности содержимого пакета и т.д. Пакет поступает на коммутатор сети, где, используя информацию заголовка, последний обрабатывает пакеты и рассылает их по адресам через другие коммутаторы по линиям связи.



Рис. 1. Структура разработанного коммутатора сетей передачи данных

В заголовке пакета хранится служебная информация, часть которой составляет адресная информация (u_i, v_i), необходимая для доставки пакета от входа порта u_i к выходу v_i (рис. 2).

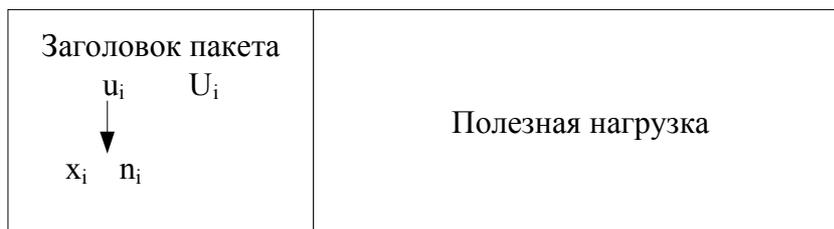


Рис. 2. Формат пакета, обрабатываемого в коммутаторе

Центральное звено коммутатора сетей передачи данных – трехкаскадная коммутационная система (см. рис. 3).

Трехкаскадная КС относится к классу трехкаскадных неблокирующих схем Клосса и содержит z коммутационных блоков (КБ) $1.1, 1.2, \dots, 1.Z$, образующих выходной каскад; y коммутационных блоков $2.1, 2.2, \dots, 2.Y$, образующих промежуточный каскад; x коммутационных блоков $3.1, 3.2, \dots, 3.X$, образующих входной каскад; $n \times x$ информационных входов системы ($U.x.n$), являющихся одновременно входами данных блоков коммутации $3.X$ входного каскада; $m \times z$ информационных выходов системы ($V.z.m$), являющихся одновременно выходами данных блоков коммутации выходного каскада; линии связи ($C.x.y$) между блоками $3.X$ и $2.Y$ входного и промежуточного каскадов, соединяющих выходы данных блоков $3.X$ входного каскада с входами данных блоков $2.Y$ промежуточного каскада; линии связи ($D.y.z$) между блоками $2.Y$ и $1.Z$ промежуточного и выходного каскадов, соединяющие соответствующих выходы данных блоков $2.Y$ с входами данных блоков $1.Z$. При этом $Z = 1, \dots, z$; $N = 1, \dots, n$; $Y = 1, \dots, y$; $X = 1, \dots, x$; $M = 1, \dots, m$.

Для обработки пакета, поступившего в коммутационную систему (см. рис. 1), служит входной модуль. При этом из заголовка пакета выделяется номер входа u_i , который преобразуется во внутренний тег коммутации – команду коммутации (x_i, n_i).

Команды коммутации (x_i, n_i) подаются на соответствующие им выходы v_i КС. На входы u_i подается полезная информация, считываемая из соответствующих пакетов.

Кроме управляющей информации, пакет содержит полезную информацию. Чтобы предотвратить потерю полезной информации, необходимо организовать ее буферизацию так же, как это предусмотрено с командами коммутации. Для этого алгоритм предусматривает обращение к запоминающему устройству.

Трехкаскадная КС с параллельным поиском каналов связи работает в трех режимах: в режиме настройки, под которым подразумевается процесс установления соединений, в режиме передачи пакетов и в режиме разборки каналов связи. Разборка каналов связи происходит динамически как во время передачи информации, так и во время процесса установления соединений. При этом поиск новых каналов связи и разборка старых может происходить параллельно с процессом передачи пакетов по уже установленным каналам связи.

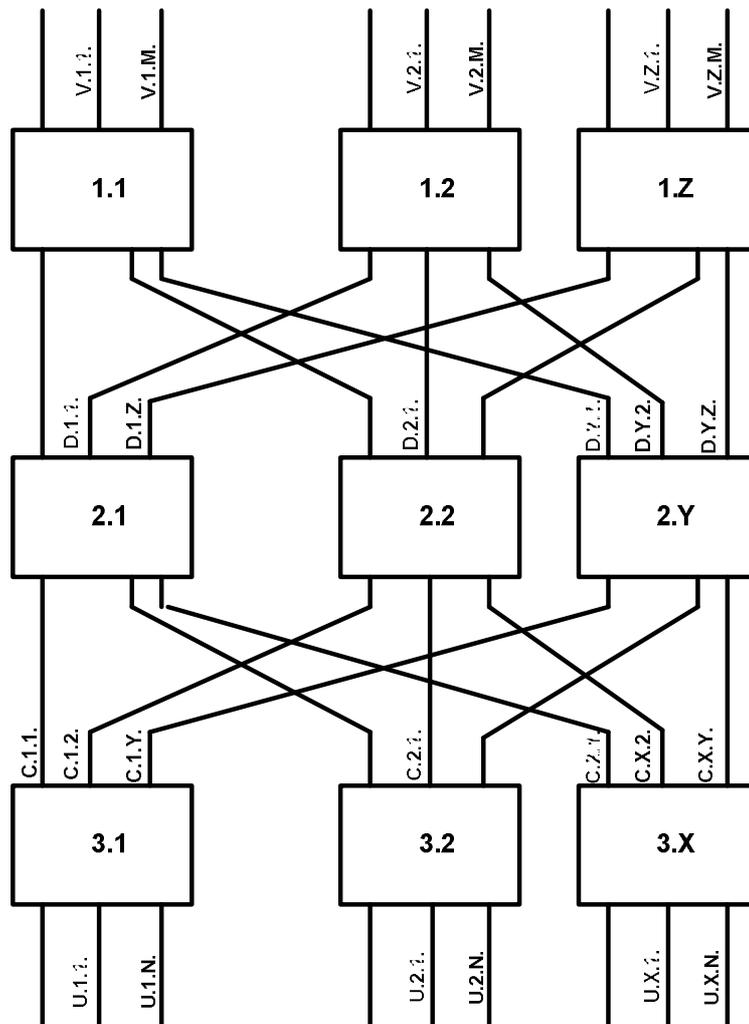


Рис. 3. Структура трехкаскадной коммутационной системы

Каждый такт процесса установления соединений выполняется за два полутакта. В течение первого производится поиск каналов связи через блоки промежуточного каскада Y к блокам входного каскада X . Во время второго полутакта производится поиск каналов связи к конкретным входам u_i в блоках входного каскада и образование ветвящихся в блоках промежуточного каскада соединений.

Команды коммутации считываются параллельно на выходы КС v_i , свободные от передачи информации.

Параллельный поиск каналов связи между двумя портами коммутатора производится методом последовательного перебора всех возможных каналов связи через промежуточный каскад y_i КС до тех пор, пока не будет найден свободный промежуточный путь. В начальный момент поиска элементы памяти ячеек коммутации – триггеры, расположенные в главной диагонали выходного КБ, – устанавливаются в единичное состояние. Таким образом, первый выход m_1 выходного КБ z_i будет подключен к первому КБ промежуточного каскада y_1 , второй выход m_2 – ко второму КБ y_2 промежуточного каскада. Последний выход m_j будет подключен к соответствующему КБ y_j промежуточного каскада.

Каждая команда коммутации (x_i, n_i) по образовавшимся в результате включения триггеров главной диагонали каналам связи поступает на выходы КБ промежуточного каскада. В промежуточном каскаде производится сравнение первых элементов пар и номеров КБ входного каскада. Номера входных блоков первого каскада поступают на входы КБ промежуточного каскада из ПЗУ, подключенных к каждому входу КБ промежуточного каскада.

В ячейках КБ промежуточного каскада, в которых произошло сравнение первого элемента команды коммутации x , поступившего с выходного блока и номера, поступившего из входного блока, образуется предварительный канал связи. Но из двоек, поступивших на

промежуточный каскад, первые элементы могут быть равны, а вторые – нет. Из таких двоек необходимо выбрать одну для фиксации каналов связи. В трехкаскадной КС предполагается, что выбирается двойка с меньшим по своей величине вторым элементом. Канал связи, указанный такой двойкой, фиксируется, а второй элемент соответствующей двойки пропускается на сравнение во входной КБ. Во входном КБ в каждой ячейке производится сравнение второго элемента соответствующей команды коммутации и номера входа, поступающего из ПЗУ, подключенного к соответствующему входу. В ячейках, где произошло сравнение, фиксируется канал связи.

Для того чтобы зафиксировать канал связи в КБ выходного каскада, из КБ промежуточного каскада выдается сигнал фиксации. После этого происходит переход ко второму шагу поиска канала связи. Для этого производится сдвиг на следующую диагональ. При этом ячейки выходного каскада, в которых зафиксирован канал связи, в поиске не участвуют. Процедура поиска по побочным диагоналям выполняется точно так же, как и по главной диагонали. Отличием является то, что в поиске не участвуют команды коммутации, для которых каналы связи уже найдены.

После установления всех необходимых соединений в КС начинается процесс передачи информации. При этом информация передается только в одном направлении – от информационных входов системы к ее выходам.

Для завершения полного процесса поиска и фиксации всех требуемых каналов связи необходимо выполнить несколько шагов настройки. Максимальное число шагов определяется тем, сколько существует различных каналов связи между входами и выходами через промежуточный каскад КС и равно Y . Для неблокируемой трехкаскадной КС по крайней мере один из них не будет заблокирован независимо от того, в каком порядке производится поиск этих каналов [2].

На КС поступает управляющий сигнал разборки, свидетельствующий о разрыве соединения между конкретным входом и конкретным выходом. По управляющему сигналу на свободные от передачи пакетов выходы системы подается следующий набор команд коммутации из буферной памяти. Так начинается новый этап процесса установления соединений.

Полезная информация, переданная с входных портов коммутатора на выходные, поступает на выходной модуль, где она упаковывается в пакеты с добавлением необходимой служебной информации и передается в линию.

Проведенный сравнительный анализ существующих архитектур коммутаторов телекоммуникационных сетей, а также известных технологий коммутации показал, что методы параллельного процесса установления соединений в трехкаскадных КС, совмещающих поиск каналов связи с передачей пакетов, ранее известны не были.

Разработанный коммутатор сетей передачи данных использует технологию параллельной коммутации, предусматривающую реализацию процесса параллельного установления соединений совместно с передачей пакетов. Использование разработанного коммутатора в телекоммуникационных сетях позволит повысить их пропускную способность. Так, при максимальном числе занятых выходов пропускная способность разработанного коммутатора с параллельным поиском каналов связи больше пропускной способности коммутатора с последовательной настройкой в 2,5 раза и в 2 раза больше пропускной способности коммутаторов, использующих разовый режим коммутации при одних и тех же начальных условиях [3].

Библиографический список

1. А.с. 1622886 СССР, МПК⁵ Н 04 Q 3/50. Трехкаскадная коммутирующая система / В. В. Жила, А. В. Авдеев, О. Б. Евтеев, Г. Н. Лукашкова. – № 4630893/24; заявл. 02.01.89; опубл. 23.01.92; бюл. № 3.
2. Барабанова, Е. А. Повышение качества обслуживания мобильных систем передачи данных методом параллельного поиска свободных каналов связи в коммутационных системах / Е. А. Барабанова // Материалы Российской школы-конференции «Мобильные системы передачи данных» с участием молодых ученых и преподавателей. – М. : МИЭТ, 2006. – С. 47–49.
3. Дмитриев В. Н. Трехкаскадные коммутационные системы для многопроцессорных вычислительных систем и сетей передачи данных / В. Н. Дмитриев, Е. А. Барабанова, Н. С. Мальцева // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2008. – № 5. – С. 168–170.

4. Дудко, А. А. Неблокирующие коммутационные схемы / А. А. Дудко. – М. : ВЦ АН СССР, 1990.