

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕВЫХ ПРОЦЕССОРОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

Грищенко В.И., Ладыженский Ю.В.
Донецкий национальный технический университет

В этом докладе рассматриваются специализированные процессоры пакетной обработки данных в компьютерных сетях (сетевые процессоры, СП) и их использование в аппаратных маршрутизаторах. СП позволяют многократно увеличить пропускную способность маршрутизаторов за счет аппаратной реализации наиболее ресурсоемких функций сетевой обработки данных. Вместе с тем они предоставляют широкие возможности по программированию, сравнимые с возможностями процессоров общего назначения.

1. Понятие задачи маршрутизации

Под маршрутизацией понимается определение сетевого интерфейса, по которому пакет будет отправлен дальше к своему узлу назначения. Эта операция относится к третьему уровню сетевой модели OSI. В общем случае алгоритм маршрутизации состоит из трех этапов: выделение из заголовков пакета адреса назначения, поиск в таблице маршрутизации строки, соответствующей этому адресу, обновление заголовка пакета и передача его на блок коммутации. На рисунке 1 [1] представлены функции, выполняемые на маршрутизаторе при обработке сетевых пакетов. Эти функции разделяются на три уровня: Уровень интерфейсов, уровень сетевого протокола (уровень данных) и уровень протокола маршрутизации (уровень управления).

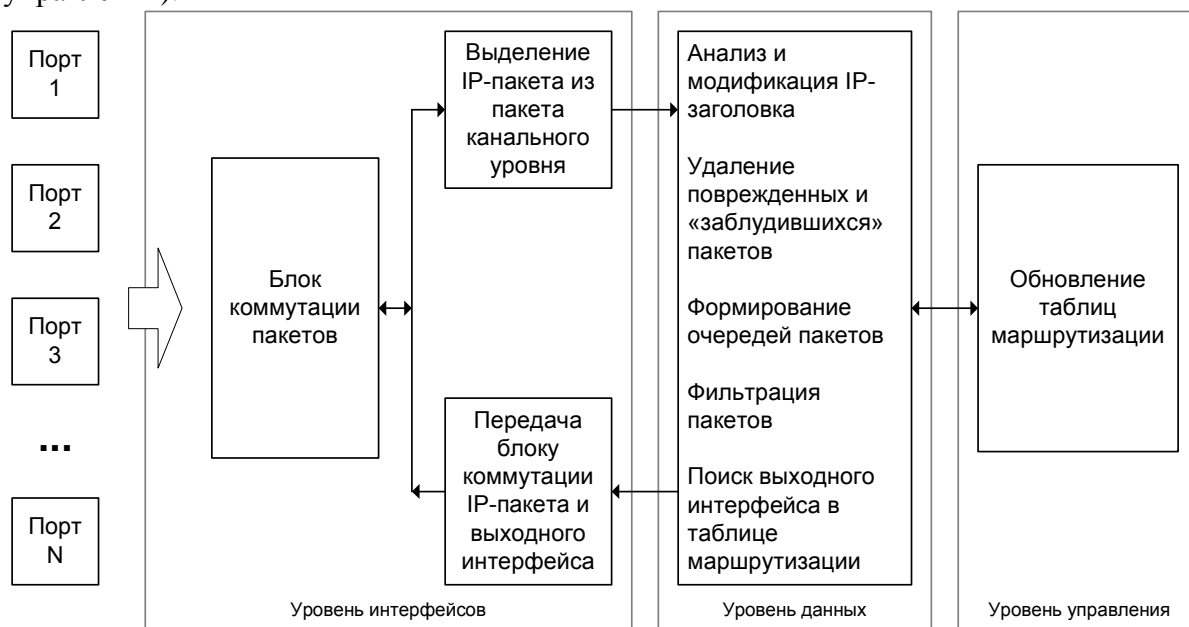


Рис. 1. Функциональная структура маршрутизатора

На первом этапе обработки от сетевого пакета отбрасывается заголовок физического уровня и передача полученных данных следующему уровню. В современных процессорах эта задача реализована аппаратно, что, во-первых, ускоряет

обработку пакета, а, во-вторых, снимает с разработчика программного обеспечения необходимость работы с данными на физическом уровне.

На следующем этапе анализируется заголовок IP-пакета. Его формат является строго регламентированной структурой и для его разбора необходимы применение битовых операций обработки данных. В первую очередь проверяется время жизни пакета (поле TTL), используемое для поиска и уничтожения «заблудившихся» пакетов. Это значение задается при создании пакета и означает число маршрутизаторов, через которые может пройти пакет на пути своего следования. При прохождении каждого маршрутизатора значение TTL уменьшается на единицу и, после достижения нуля, пакет уничтожается. Пакет уничтожается и в случае, если рассчитанная контрольная сумма заголовка не равняется той, которая содержится в пакете.

После первичной проверки, пакет переходит на стадию обработки. Обработка может существенно отличаться в зависимости от функций маршрутизатора. Самым простым методом обработки является определение адреса следующего узла, на который должен быть отправлен пакет. Маршрутизация осуществляется на основе адреса назначения пакета. Соответствие адресов назначения и путей, по которым пакет должен быть отправлен, хранятся в маршрутной таблице. Структура маршрутной таблицы зависит от используемого алгоритма маршрутизации, но, независимо от выбранного алгоритма, для каждого отдельного адреса назначения в ней существует только одна запись. После нахождения исходящего интерфейса, в обрабатываемом пакете должно быть уменьшено значение в поле TTL, и заново рассчитаться контрольная сумма, иначе следующий маршрутизатор решит, что пакет был поврежден при передаче и уничтожит его.

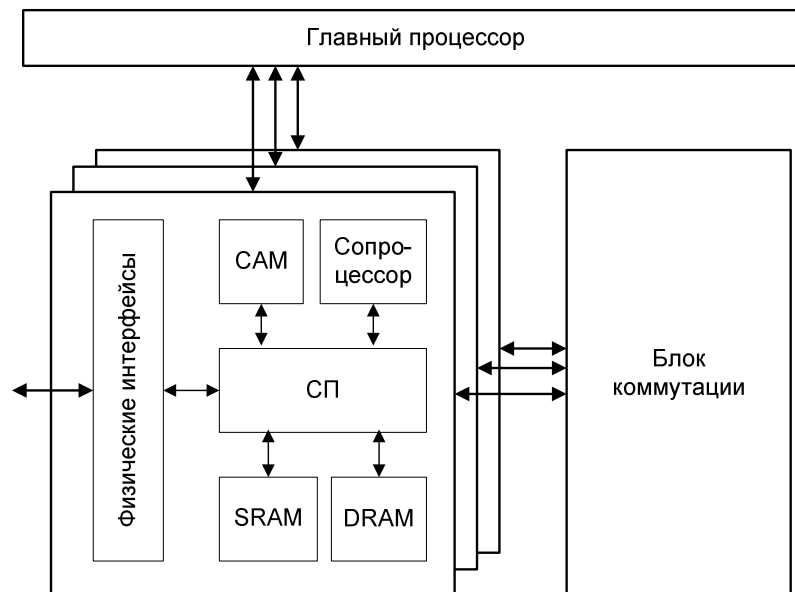


Рис. 2. Использование сетевого процессора в маршрутизаторе

2. Использование сетевых процессоров

В маршрутизаторе сетевой процессор обычно располагается между физическими интерфейсами и блоком коммутации (Switch Fabric). На рисунке 2 представлена обобщенная схема маршрутизатора [2]. Здесь сетевой процессор находится между физическими интерфейсами и блоком коммутации. Это означает, что СП должен обрабатывать пакеты данных со скоростью канала, если же необходимая пропускная

способность не будет достигнута, то при пиковой нагрузке часть данных будет теряться.

В своей работе сетевой процессор может использовать различные виды памяти (SRAM, DRAM, CAM), а также внешние сопроцессоры, реализующие специфические функции обработки данных [3]. Некоторые СП обработку операций уровня управления передают на внешний процессор общего назначения, который используется для обновления таблиц маршрутизации и обработки исключительных ситуаций. Обычно сетевые процессоры выполняют четыре типа задач: взаимодействие с физическими интерфейсами, обработка пакетов, классификация и управление трафиком.

Обработка сетевых данных на маршрутизаторах (сетевая обработка) обладает некоторыми особенностями, которые позволяют значительно упростить архитектуру СП без потерь функциональности и производительности. Одной из таких особенностей является работа только с целочисленными операциями и отсутствие необходимости выполнять вычисления с плавающей точкой. Это позволяет использовать процессорные ядра с сокращенным набором инструкций (RISC – процессоры). При обработке сетевых пакетов часто используются операции поиска в таблице маршрутизации, сопоставление с шаблоном, вычисление контрольных сумм. Такие операции имеет смысл реализовывать в виде отдельных инструкций, функциональных блоков или сопроцессоров.

Важным свойством сетевых пакетов является практически полное отсутствие зависимости между ними. Даже пакеты, передаваемые в одном потоке, могут обрабатываться маршрутизатором в любом порядке, а не только в том, в котором они были отправлены. Это позволяет для обработки пакетов использовать многоядерные и многопоточные устройства. Использование нескольких параллельно работающих вычислительных ядер дает прирост производительности практически равный их числу.

В общем случае, любой пакет из входного потока может быть направлен для обработки на любое вычислительное ядро, и это не вызовет никакого конфликта. Тем не менее, обработка пакетов из одного потока на одном ядре позволяет получить дополнительный прирост производительности за счет более эффективного использования кэша (кэш этого процессорного ядра уже будет содержать нужный элемент таблицы маршрутизации, что экономит несколько обращений к оперативной памяти). Несмотря на свои преимущества, описанный подход имеет и определенные недостатки. Так, если в трафике будет доминировать пакеты одного потока, то это вызовет перегрузку одного ядра и простаивание других. Для борьбы с этим эффектом в блоке классификации пакетов необходимо учитывать не только данные, взятые из пакета, но и текущую загрузку узлов СП.

Обработка сетевого пакета на маршрутизаторе состоит из отдельных, в значительной степени изолированных между собой, этапов (чтение заголовков, поиск в таблице маршрутизации, обновление данных и передача пакета на блок коммутации), что позволяет организовать конвейерную обработку пакетов, используя, так называемый, внутripакетный параллелизм. В отличие от процессоров общего назначения, где внедрение конвейеров требует наличия дополнительного блока предсказания переходов, снижающего вероятность опустошения конвейера, при обработке сетевых пакетов нет необходимости заботиться о ветвлении, так как обработка в большой степени линейна, и исключает возврат пакета на предыдущий этап анализа.

Использование специализированных процессоров, учитывающих особенности сетевой обработки данных, позволяют значительно увеличить производительность маршрутизаторов без снижения их функциональных возможностей.

Литература

- [1] В. Г. Олифер, Н. А. Олифер Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. 3-е изд.-2006, СПб, Издательский дом "Питер", 958 стр.
- [2] Chris Rosewarne. Network Processors: Evaluating Architectures for Leading Edge Applications. Calyptech. Issue: 01. 19th march, 2004.
- [3] N. Shah, "Understanding network processors," Tech. Rep. Version 1.0, EECS, University of California, Berkeley, September 2001.