

УДК 621.391.1

КОММУТАЦИЯ КАНАЛОВ КАК ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ КОММУТАЦИИ ПАКЕТОВ

В.Х. Харитонов, профессор СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, к.т.н.; kharitonov@satm-tech.com

Ключевые слова: коммутация каналов, коммутация пакетов, блок данных, задержка, вариация задержки.

Введение. Вопрос о методах коммутации в той или иной мере рассматривается в большинстве учебников по сетевым технологиям. При этом методы коммутации, несмотря на имеющееся разнообразие, как правило, делятся на две группы: коммутация каналов (КК) и коммутация пакетов (КП). В КП выделяются два режима: датаграммный и виртуальных соединений.

Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки. При их сравнении приводятся временные диаграммы (рис. 1), иллюстрирующие передачу информации с помощью этих методов [1, 2]. Из рисунка следует, что при КК после установления соединения данные проходят через узлы коммутации без задержки. Посмотрим насколько корректно такое сравнение.

Асинхронный режим работы коммутатора. Рассмотрим коммутатор, как устройство, имеющее n входов и m выходов или входных и выходных интерфейсов (рис. 2). Задача коммутатора – передача блоков данных (БД), поступающих с входных интерфейсов на выходные для передачи их в соответствующий канал. На разных интерфейсах может быть разная скорость передачи, также возможна передача одного БД на один или несколько выходных интерфейсов. Один интерфейс может быть одновременно и входным и выходным. В дальнейшем будем рассматривать временные диаграммы только на одном из выходов коммутатора.

В общем случае, БД поступают на входные интерфейсы коммутатора в произвольные моменты времени. Поэтому очередной БД, предназначенный для передачи на некоторый выходной интерфейс, может поступить, когда еще передается блок, пришедший ранее. Для того чтобы не потерять вновь поступивший блок, его надо поместить в буфер и передать в канал позже, когда закончится передача передаваемого блока.

Продолжая подобные рассуждения, можно прийти к выводу, что при про-

извольных и изменяющихся во времени законах распределения моментов поступления сигналов на входы коммутатора БД необходимо иметь буферы (очереди), размеры которых определяют допустимость потерь БД (чем больше размер буферов, тем меньше вероятность потерь).

С другой стороны, чем больше размер буфера, тем больше времени требуется для передачи БД из полностью заполненного буфера. А это может оказывать существенное влияние на время пребывания БД в коммутаторе и, соответственно, на задержку при их передаче по сети.

Для упрощения рисунков примем следующие допущения:

- все БД имеют одинаковый размер;
- в буфере помещается ровно пять БД;
- состояние буфера рассматривается в дискретные моменты времени, интервал между которыми равен времени передачи одного БД;
- задержки, связанные с обработкой заголовков БД, не учитываются;
- на каждом интерфейсе имеется одна общая очередь. БД обслуживаются в соответствии с дисциплиной FIFO (первым пришел – первым обслужен).

На рис. 3 представлена временная диаграмма процесса передачи БД на

выходе одного интерфейса коммутатора. Предполагается, что блоки поступают в буфер в случайные моменты времени. БД, принадлежащие одному потоку, выделены одинаковым цветом (разным цветом выделены БД, принадлежащие разным потокам).

Из рисунка видно, что задержка разных блоков меняется во времени. Минимальная задержка определяется временем передачи одного блока, максимальная – временем передачи БД из полностью заполненного буфера. БД, поступающие в полностью заполненный буфер, теряются (в момент времени t_{13}). Очевидно, что этот вариант соответствует КП.

Синхронный режим работы коммутатора. Рассмотрим вариант, при котором БД, принадлежащие каждому потоку, поступают в буфер регулярно. Интервал времени между соседними блоками – постоянен и равен времени передачи блоков из полностью заполненного буфера.

На рис. 4 показаны временные диаграммы различных вариантов поступления в буфер таких потоков. Из них видно, что во всех случаях задержка для каждого потока является постоянной величиной, но она может быть одинаковой или разной для всех потоков. При этом, как и на рис. 2, минимальная задержка определяется временем

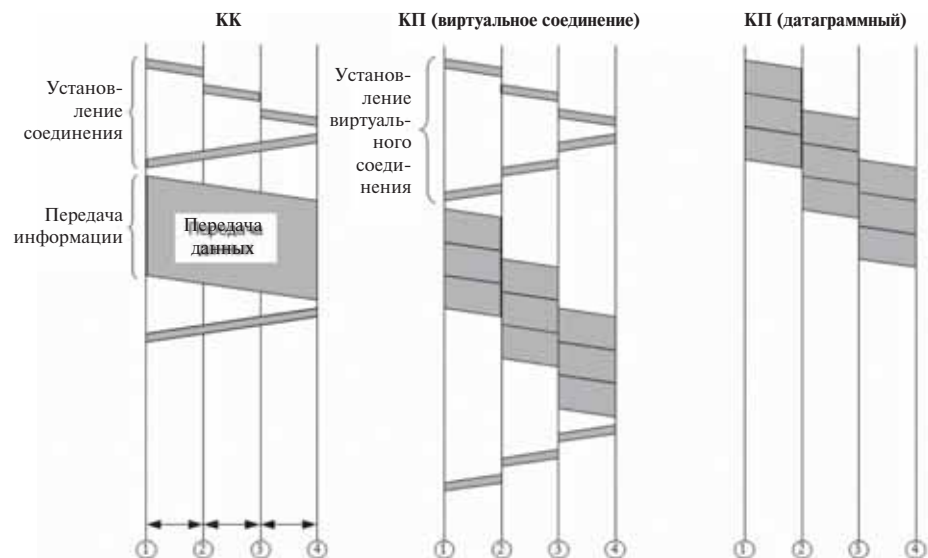


Рис. 1. Задержка при различных методах коммутации

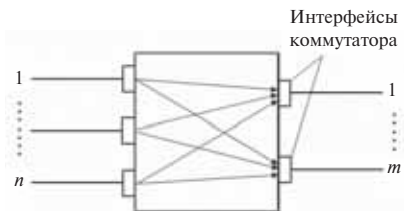


Рис. 2. Коммутатор с n -входами и m -выходами

передачи одного блока, максимальная – временем передачи блоков из полностью заполненного буфера.

При числе потоков более пяти (емкость буфера) возникают потери блоков. Например, на рис. 5 сначала присутствуют пять потоков. После появления в момент времени t_6 шестого потока (перегрузка), начиная с t_{18} все БД одного из потоков начинают теряться (регулярный поток – регулярные потери). Очевидно также, что при появлении или исчезновении одного или нескольких потоков, задержка для некоторых из них может скачкообразно изменяться. Появление и исчезновение потоков может происходить не только из-за начала или окончания передачи информации, но и по другим причинам, например, при использовании механизмов балансировки нагрузки или изменениях в таблицах маршрутизации.

В рассматриваемых вариантах не учитывались способы идентификации БД. Различие состоит лишь в том, что на рис. 3 потоки асинхронные, а на рис. 4 и 5 – синхронные. Из рисунков видно, что второй вариант похож на работу сетей с КК. Отличие состоит лишь в отсутствии этапа установления соединения, который позволяет решить несколько задач:

- проверить наличие доступных ресурсов (отказ в обслуживании вместо потери блоков);
- зафиксировать положение БД в буфере/цикле;
- перейти на другой, более экономичный, способ идентификации блоков (позиции в цикле), что в общем случае не является обязательным.

Таким образом, включив этап установления соединения, получим то, что принято называть КК. По аналогии с терминологией, принятой для сетей с КП, вариант без установления соединения здесь также можно назвать датаграммным режимом, а вариант с установлением соединения – режимом виртуальных соединений.

Задержки при КК и КП. Из выше изложенного следует, что при равных ус-

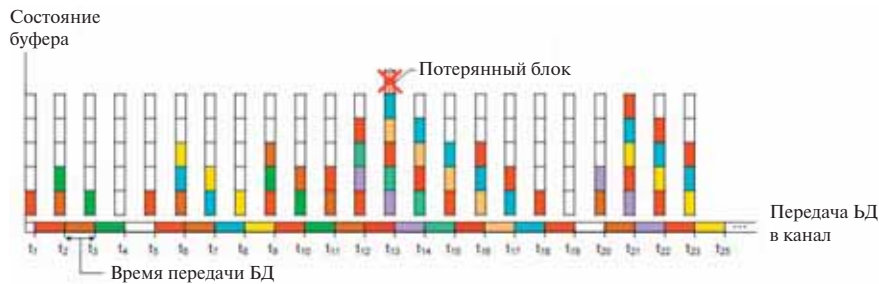


Рис. 3. Временная диаграмма передачи БД на выходе одного интерфейса

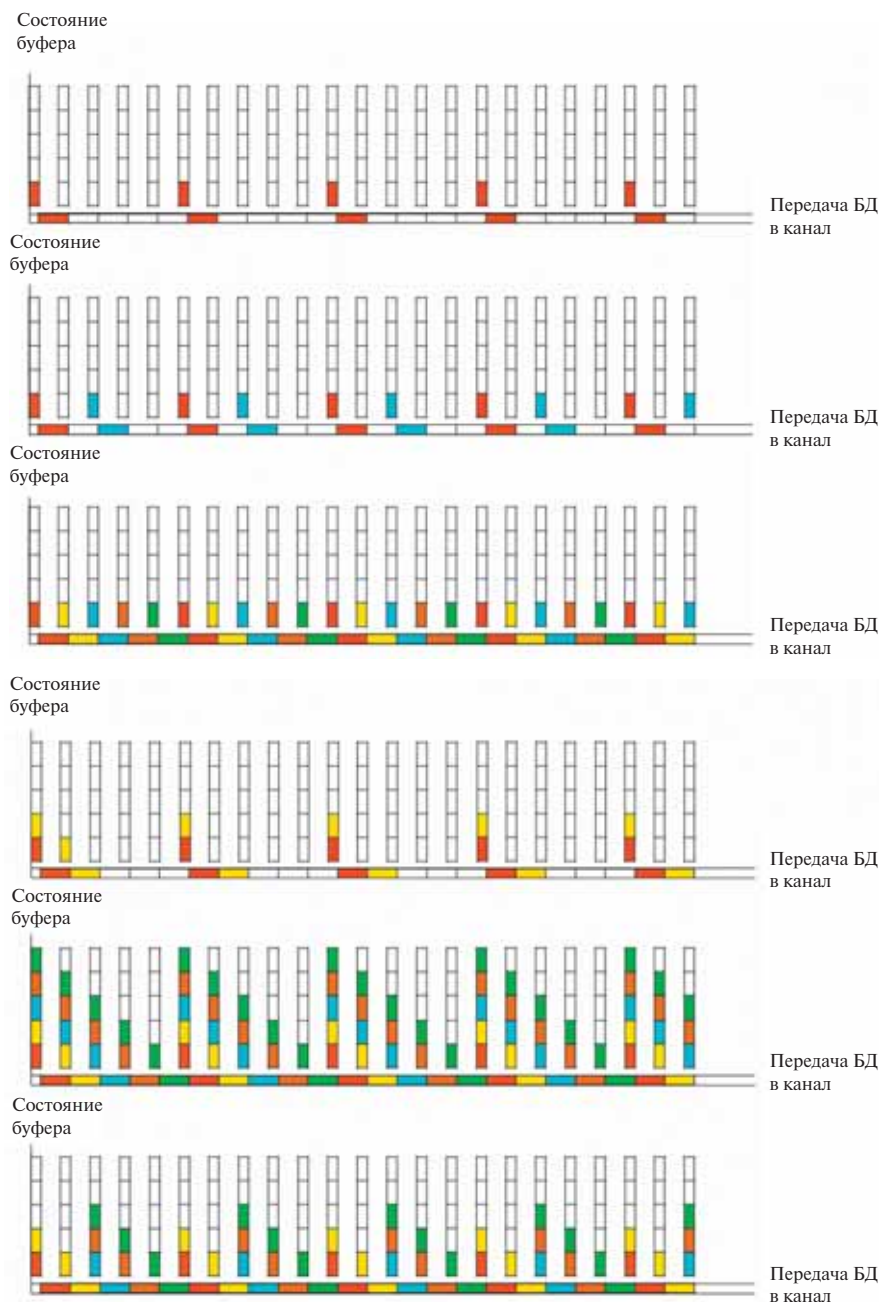


Рис. 4. Временные диаграммы различных вариантов поступления в буфер регулярных потоков

ловиях диапазон возможных значений задержек в коммутаторе при КП и КК одинаков. С точки зрения задержек, различие между КК и КП состоит не в

ее величине, а в том, что при КП она переменная, а при КК – постоянная.

Если вернуться к рис. 1, на котором задержка в коммутаторе при КК

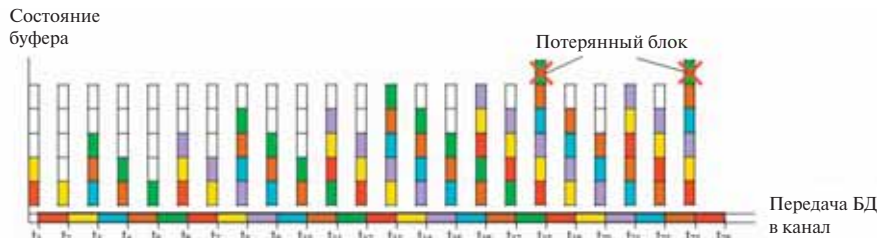


Рис. 5. Временная диаграмма поступления в буфер регулярных потоков с потерями

на этапе передачи информации равна 0, то очевидно, что это может быть только при отсутствии на них буферов (памяти), что имеет место при использовании пространственной коммутации (например, в декадно-шаговых или координатных АТС). Но тогда при сравнении методов коммутации и для КП надо рассматривать коммутаторы без буферной памяти (одинаковые условия). Проводя сравнения в разных условиях, можно получать любые желаемые результаты.

В современных АТС давно используется пространственно-временная коммутация, имеющая буферную память. Существует довольно распространенное мнение: в телефонной сети задержка меньше, чем в сетях с КП. Это вызвано тем, что эквивалентный размер БД в телефонной сети составляет всего 1 байт, а буфера — 32 байта, т.е. меньше размера одного пакета в действующих сетях с КП. А так как максимальная задержка в коммутаторах определяется временем передачи блоков из полностью заполненного буфера, то даже при низких скоростях задержка в телефонной сети становится небольшой.

Это было особенно заметно в 90-х годах прошлого века. В настоящее время скорости передачи выросли на несколько порядков и, соответственно, даже при больших размерах пакетов задержки в коммутаторах незначительны.

По временным диаграммам, приведенным на рис. 1, можно еще сделать следующие замечания. Во-первых, в технологиях с установлением соединения так же, как и в датаграммном режиме, начинать передачу данных можно сразу, не дожидаясь окончания этапа установления соединения. Известны такие варианты, как быстрая коммутация каналов (БКК) и быстрая коммутация пакетов (БКП). Существует ев-

ропейский стандарт ETSI ES 201 803-1 и практическая реализация для БКК — технология DTM (Dynamic synchronous Transfer Mode). Во-вторых, на рис. 1 предполагается, что размеры пакетов в режиме виртуальных соединений и в датаграммном режиме одинаковы.

Однако в некоторых случаях, например, при передаче речи, размер заголовков может оказывать заметное влияние на общий размер пакетов. А поскольку режим виртуальных соединений предполагает возможность значительного уменьшения размеров заголовков, то в этом случае размер пакетов в режиме виртуальных соединений может быть значительно меньше, чем в датаграммном режиме. Если это не оговаривать, то может сложиться впечатление, что датаграммный режим всегда лучше других.

Вообще, следует отметить, что в литературе часто без каких-либо комментариев приводятся различные цифры, характеризующие предельные параметры тех или иных сетевых технологий. При этом остается непонятным являются ли приведенные цифры теоретическими ограничениями для данной технологии, или они связаны с временем, когда эта технология применялась на практике.

Для иллюстрации можно привести пример, связанный с технологиями Frame Relay и Ethernet. В книгах приводятся цифры, обусловленные ограничениями скорости работы технологии Frame Relay, например, 2 Мбит/с [2, стр. 679] или 34 Мбит/с [3, стр. 276]. Складывается впечатление, что это ограничение вызвано самой технологией. Но это не так. Ограничения определяются выпускаемым оборудованием и относятся к 90-м годам прошлого века. Ничто не мешает этой технологии работать на гигабитных скоростях.

С другой стороны, технология Ethernet в начале 90-х годов использовала метод доступа CSMA/CD и работала на скорости 10 Мбит/с, имея много ограничений по масштабируемости (в том числе и по скорости). Однако в силу распространенности этой технологии, ее в течение многих лет совершенствовали и сегодня многие ограничения устранены. Теперь она может работать на скоростях до 100 Гбит/с. Технологию же Frame Relay сегодня не развивают. Можно привести и другие примеры.

Выводы. 1. Коммутацию каналов можно воспринимать как частный случай коммутации пакетов (наличие общесетевой синхронизации). При КК, как и КП, можно рассматривать два режима: без установления соединения (датаграммный) и с установлением (виртуальные соединения). В датаграммном режиме при КК в случае перегрузки возникает потеря всех БД одного или нескольких потоков (регулярные потери), тогда как при КП — потери носят случайный характер.

При одинаковых условиях диапазон возможных задержек в коммутаторе не зависит от метода коммутации. При КП задержка может изменяться во времени и зависит от загруженности соответствующего интерфейса коммутатора. При КК в режиме с установлением соединения задержка в течение сеанса связи постоянна и ее значение определяется ситуацией в коммутаторе в момент установления соединения.

Сравнение разных технологий и решений по возможности следует проводить в одинаковых условиях. Если же сравнивают в разных условиях, то это необходимо особо оговаривать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. Общие вопросы. — 5-е изд. — СПб.: Питер, 2012. — 960 с.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов. — 4-е изд. — СПб.: Питер, 2010. — 944 с.
3. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи: учебник для вузов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 400 с.

Получено 21.11.12