

Н.А. Матвеева – магистрант кафедры информационных систем

Е.А. Суворова (канд. техн. наук, доц.) – научный руководитель

АНАЛИЗ ПРИЧИН И ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ИСКАЖЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПОТОКОВОГО ТРАФИКА В СЕТЯХ-НА-КРИСТАЛЛЕ

В настоящее время все большее и большее развитие получают встроенные системы, а вместе с ними и сети на кристалле, которые являются их составляющей частью. Для повышения производительности таких систем большую роль играет повышение производительности составляющих ее компонентов. Многие приложения используют такого рода системы для передачи специализированного трафика, чувствительного к задержкам и другим параметрам передачи. В связи с этим перед разработчиками ставятся новые задачи, требующие не только повышения производительности систем, но и обеспечения прохождения пакетов с заданными задержками, равномерного распределения загрузки в сети, решения проблемы тупиков.

В рамках представленной работы будут рассматриваться проблемы узких мест в сетях, которые приводят к увеличению задержек при передаче пакетов и искажению исходных характеристик трафика, что может быть критично для потокового трафика. При организации сетей передачи данных часто встает проблема несоответствия пропускной способности канала(ов) связи суммарному потоку трафика, генерируемого многими источниками (Рис. 1 и Рис. 2). В таких системах пропускной способности канала(ов) может быть недостаточно для того, чтобы обеспечить передачу трафика от каждого источника с заданными характеристиками (задержка передачи, разброс задержек прихода пакетов и др.). Представленные на Рис. 1 и Рис. 2 топологии характеризуют типовые конструкции, приводящие к возникновению конфликтов между потоками данных.

Дополнительными проблемами при обеспечении требуемых характеристик передачи данных являются неизбежные аспекты построения коммутаторов сети. Основной проблемой коммутаторов является неспособность одновременной передачи нескольких пакетов в один канал, что приводит к накоплению пакетов в буфере и как следствие к непредсказуемым задержкам, искажению временного интервала между последовательными пакетами, принадлежащими одному потоку. Для ряда прикладных задач, решаемых в данной системе, такое явление может быть критичным. Если этот факт оказывает отрицательное воздействие на работу системы, то возникает вопрос, как этого избежать; что можно сделать, чтобы минимизировать искажение характеристик передаваемых потоков данных? При проектировании структуры и архитектуры сети необходимо учитывать количество таких фрагментов сети на пути каждого потока данных. Это позволяет управлять степенью искажения характеристик для каждого потока и определять, в каких местах сети необходимо применять специальные меры для минимизации этих искажений.

Для изучения влияния маршрутов передачи данных на время доставки пакетов к источникам, было проведено моделирование представленных участков топологий сетей (Рис. 1 и Рис. 2) с различными параметрами поступающего трафика. Скорости каналов передачи для всех топологий настроены на 100 Мбит/с. Загрузка каналов, связывающих коммутаторы, поддерживается на уровне 90%. При исследовании настраивались следующие параметры: количество точек доступа для каждого порта; размер буферов на входных и выходных портах; период времени и закон генерации пакетов.

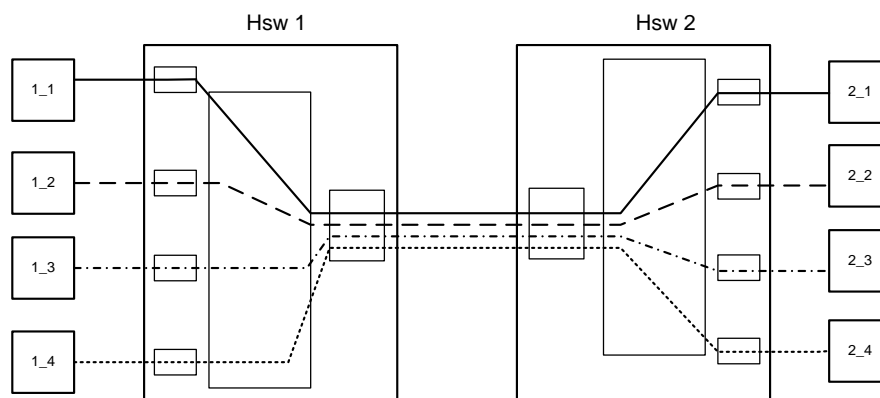


Рис. 1 Топология 1 передачи данных (один канал на много источников)

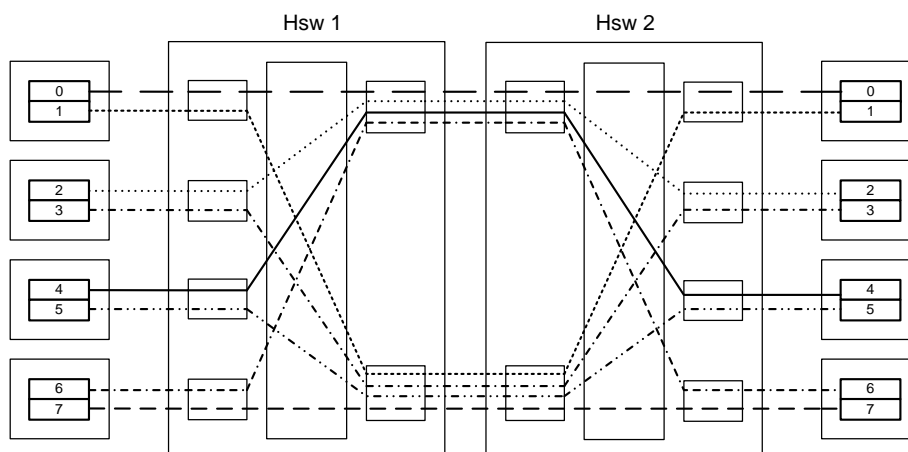


Рис. 2. Топология 2 передачи данных (много каналов на много источников)

Эксперимент подразумевал отправку пакетов источниками потокового трафика* в двух режимах: одновременная отправка пакетов всеми источниками и отправка пакетов источниками по очереди. В процессе этого эксперимента настраивались описанные выше параметры и отслеживались параметры генерируемого трафика (значение временного интервала между последовательными пакетами от каждого потока заданного класса сервиса). По результатам собранной статистики были построены графики, представленные на рисунках далее. На рисунках используются следующие сокращения: Delta_packet – время между приемом двух соседних пакетов одного класса сервиса; ServClass – номер класса сервиса приходящего пакета; Same_time – режим работы терминальных узлов, который заключается в том, что все терминальные узлы отправляют пакеты одновременно; Different_time – режим работы терминальных узлов, который заключается в том, что все терминальные узлы отправляют пакеты по очереди через заданные промежутки времени, чтобы сохранялась загрузка каналов между коммутаторами на 90%; Count_Points – количество точек доступа для входных и выходных портов коммутатора; Count_Buffers – количество буферов во входных и выходных портах коммутатора. Стоит отметить, что все графики представлены для небольшого числа отправленных источниками пакетов. Это было необходимо для отражения наглядности представляемых графиков. При увеличении числа пакетов характер изменения кривых не меняется.

По результатам моделирования топологии №1 был построен график, представленный на

Рис. 3. Он хорошо показывает, что при одновременной отправке пакетов коммутаторы испытывают стрессовые нагрузки, что приводит к очень большому разбросу интервала времени между соседними пакетами на приемной стороне. Поочередная отправка пакетов решает эту проблему и делает разброс гораздо более прогнозируемым и колеблется вблизи идеального значения с малым разбро-

* William James Dally, Brian Towles. Principles and Practices of Interconnection Networks. Elsevier, 2004.

сом. Можно сделать вывод, что в сети и на приемной стороне трафик ближе к потоковому, в случае отправки пакетов источниками по очереди.

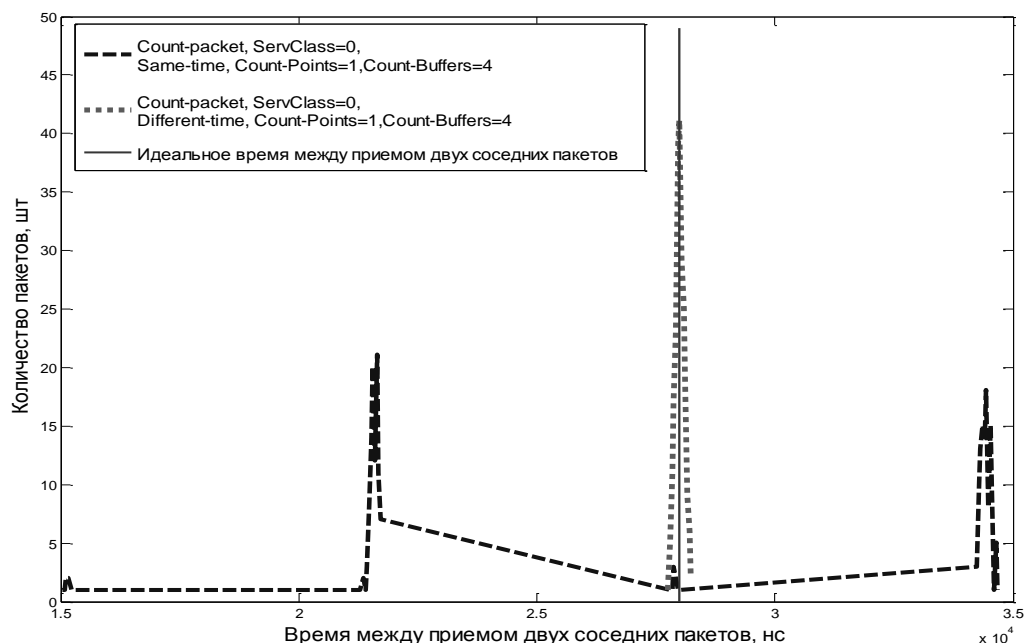


Рис. 3 Зависимость количества принятых пакетов от разброса времени между приемом соседних пакетов в случае одновременной и поочередной отправки пакетов всеми источниками

По результатам моделирования топологии №2 был построен график, изображенный на Рис. 4. Из него хорошо видно, что интервал времени между соседними пакетами ближе к идеальному значению в случае поочередной отправки пакетов источниками. График хорошо показывает, что в данной топологии при передаче пакетов терминальными узлами по очереди разброс времени прихода пакетов колеблется меньше, чем в случае, когда пакеты от всех терминальных узлов отправляются в сеть одновременно, но, тем не менее, прогнозировать интервал времени между соседними пакетами одного источника трудно. Потоковый трафик, генерируемый в источниках, по ходу продвижения по сети теряет свое свойство потоковости.

Оценивая на графике (

Рис. 5) задержки между приходящими пакетами одного и того же класса сервиса стоит отметить, что их характер изменения очень схож, т.е. число точек доступа не влияет на время между соседними пакетами в данной топологии. Характер изменения разброса времени между соседними пакетами не зависит от увеличения числа точек доступа и буферов во входных и выходных портах коммутаторов.

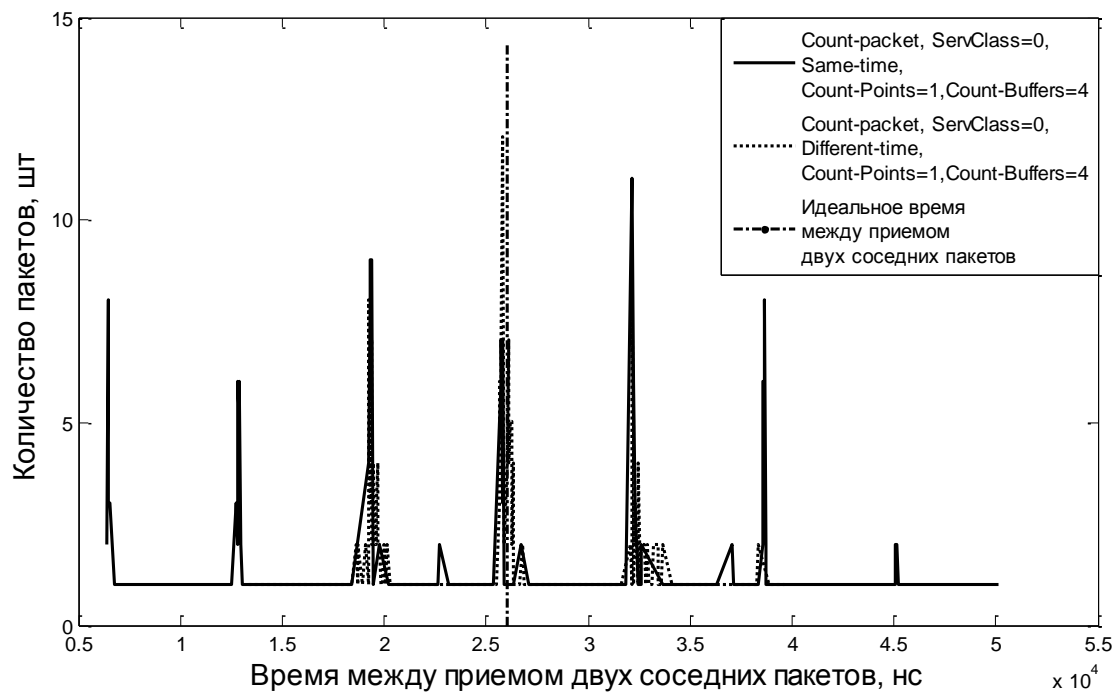


Рис. 4. Зависимость количества принятых пакетов от разброса времени между приемом соседних пакетов в случае одновременной и поочередной отправки пакетов всеми источниками

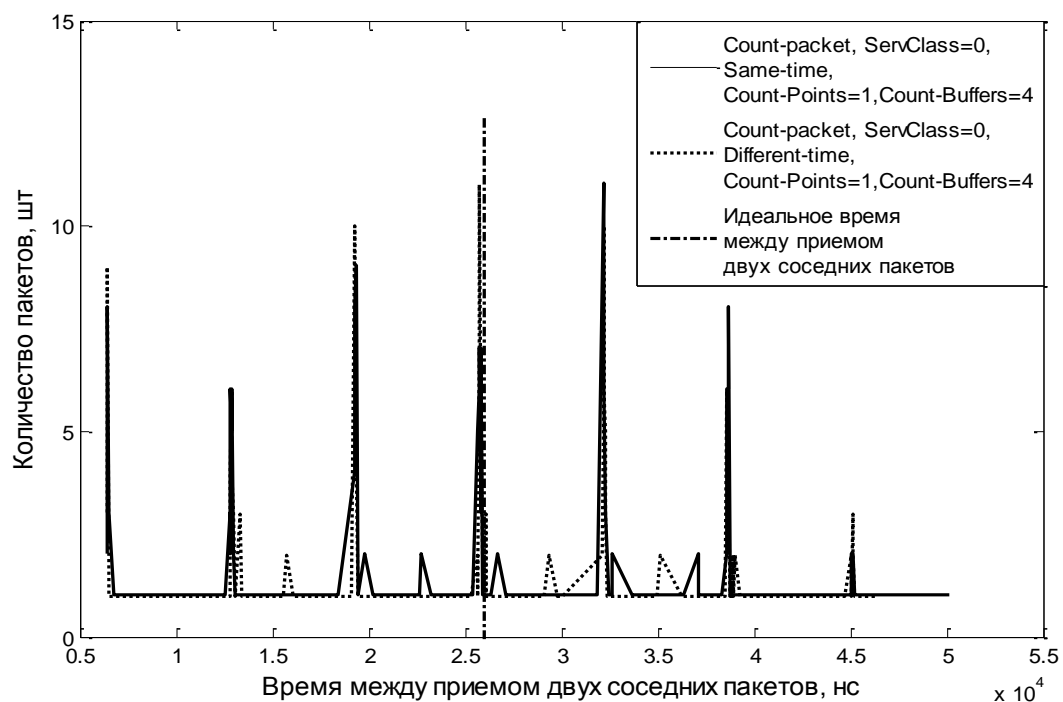


Рис. 5. Сравнительный анализ времени между приходящими пакетами в топологии №2 при использовании 1 и 2 точек доступа

По результатам проведенных исследований можно сделать выводы о том, что Топология №1 при поочередной отправки пакетов источниками позволяет прогнозировать время разброса приема пакетов с высокой точностью. Максимальный разброс составляет 1% от идеального значения интервала между пакетами. Топология №2 при поочередной отправки пакетов источниками имеет разброс 50% от идеального значения интервала между пакетами. Так же стоит отметить, что увеличение числа точек до-

ступа для представленных типовых фрагментов сети при описанных потоках данных не позволяет сократить разницу во времени между приходящими пакетами и изменить ее характер.

Для приближенности сетевого трафика к модели потокового трафика необходимо распределять время отправки пакетов между терминальными узлами. Управлять их работой. При оценке разброса значения интервала между соседними пакетами на приемной стороне в произвольной топологии необходимо учитывать количество описанных выше топологических элементов. Максимальный разброс интервала времени между соседними пакетами на приемной стороне будет определяться количеством топологических элементов в маршруте следования пакета по сети и вычисляться как произведение задержки топологического элемента на количество таких элементов. $Delay = N_1 \cdot d_{t1} + N_2 \cdot d_{t2}$, где $Delay$ – максимальный разброс интервала времени между соседними пакетами на приемной стороне, N_1, N_2 – количество топологических элементов №1 и №2. d_{t1}, d_{t2} – задержка топологического элемента №1 и №2.