

УДК 621.395.4:004.713

Туманбаева Кумусай Хасеновна – к.т.н., профессор (Алматы, Алматинский университет энергетики и связи)

Мирзакулова Шарафат Абдурахимовна – старший преподаватель (Алматы, Алматинский университет энергетики и связи)

ВЛИЯНИЕ САМОПОДОБНОСТИ ПОСТУПАЮЩЕГО ТРАФИКА НА ВЕЛИЧИНУ БУФЕРА ETHERNET КОММУТАТОРА

Технология Ethernet по праву занимает лидирующее положение, благодаря высокой сетевой надежности, универсальности, низкой стоимости и развитыми средствами управления. Появление новых механизмов управления приоритетом трафика, потоком кадров и виртуальными каналами делает очевидной возможность применения Ethernet в мультисервисных корпоративных и городских сетях.

Одним из основных видов оборудования Ethernet сети являются коммутаторы. Коммутаторы Ethernet, подобно мостам и маршрутизаторам, способны сегментировать сети. Как и многопортовые мосты, коммутаторы передают кадры между портами на основе адреса получателя, включенного в каждый кадр. Реализация коммутаторов обычно отличается от мостов в части возможности организации одновременных соединений между любыми парами портов устройства – это значительно расширяет суммарную пропускную способность сети.

На производительность коммутатора оказывает непосредственное влияние размер буферной памяти. Буферная память используется для временного хранения кадров, в случае, если их невозможно немедленно передать на выходной порт. Основное назначение буферной памяти заключается в сглаживании кратковременных пиковых пульсаций трафика. Такие ситуации могут возникать в случае, если на все порты коммутатора одновременно передаются кадры, а у коммутатора нет возможности передавать принимаемые кадры на порты назначения. Чем больше объем буферной памяти или буфера, тем ниже вероятность потери кадров при перегрузках.

Для предотвращения потерь кадров при кратковременном многократном превышении среднего значения интенсивности трафика (а для локальных сетей часто встречаются значения коэффициента пульсации трафика в диапазоне 50 – 100) единственным средством служит буфер большого объема. Как и в случае адресных таблиц, каждый процессорный модуль порта обычно имеет свою буферную память для хранения кадров. Чем больше объем этой памяти, тем менее вероятны потери кадров при перегрузках, хотя при несбалансированности средних значений трафика буфер все равно рано или поздно переполнится.

Обычно коммутаторы, предназначенные для работы в ответственных частях сети, имеют буферную память в несколько десятков или сотен килобайт на порт. Хорошо, когда эту буферную память можно перераспределять между несколькими портами, так как одновременные перегрузки по нескольким портам маловероятны. Дополнительным средством защиты может служить общий для всех портов буфер в модуле управления коммутатором. Такой буфер обычно имеет объем в несколько мегабайт.

В 1993 году группа американских исследователей W.Leland, M.Taqqu, W.Willinger и D.Wilson опубликовали результаты своей новой работы, которая в корне изменила существующие представления о процессах, происходящих в сетях с коммутацией пакетов. Эти исследователи изучили трафик в сети Ethernet корпорации Bellcore и обнаружили, что потоки в ней нельзя аппроксимировать простейшими и, как следствие, они уже имеют совершенно иную структуру, чем принято в классической теории

телетрафика [1]. В частности, было установлено, что трафик такой сети обладает так называемым свойством самоподобия., то есть выглядит качественно одинаково при почти любых масштабах временной оси, имеет память (последствие), а также характеризуется высокой пачечностью. В результате, теоретический расчет параметров системы распределения информации, предназначенной для обработки такого трафика, по классическим формулам дает некорректные и неоправданно оптимистические результаты.

Более того, привычные алгоритмы обработки трафика, созданные для работы с простейшими потоками, оказываются недостаточно эффективными для потоков с самоподобием. Таким образом, образовалась проблема самоподобия телетрафика, которой за последние годы посвящено большое количество работ и которая до сих пор не утратила своей актуальности.

В самоподобном трафике присутствует некоторое количество достаточно сильных выбросов на фоне относительно низкого среднего уровня, что значительно увеличивает задержки и джиттер при прохождении самоподобного трафика через сеть, даже в случаях, когда средняя интенсивность трафика намного ниже потенциально достижимой скорости передачи в данном канале.

Величина буфера (емкость буфера) коммутатора Ethernet определяется с помощью классических формул теории телетрафика.

Целью данной статьи является исследование влияния самоподобности поступающего трафика на величину буфера.

Рассмотрим коммутатор как одноканальную систему массового обслуживания. Здесь, в качестве канала обслуживания рассмотрим процессор или устройство управления. Алгоритм работы процессора заключается в следующем:

1. При поступлении кадра в какой-либо порт коммутатора процессор порта буферизует все байты кадра, чтобы прочитать адрес назначения и осуществить проверку кадра на то, что он не содержит ошибок.

2. Выполняется проверка кадра, вычисляется контрольная последовательность кадра.

3. Прочитав адрес назначения, процессор просматривает адресную таблицу.

3. Если кадр нужно передать на другой порт, то процессор обращается к коммутационной матрице и пытается установить в ней путь, связывающий его порт с портом, через который идет маршрут к адресу назначения.

4. Если же порт занят, то, кадр полностью буферизуется процессором выходного порта.

5. После освобождения выходного порта данные считываются с буфера на выходной порт в сеть.

Будем считать время работы процессора постоянной величиной. Тогда коммутатор можно представить как одноканальную СМО с ограниченной очередью (буфером), M/D/1/r, то есть поступающий поток простейший, время обслуживания постоянное, максимальная длина очереди (емкость буфера) - r.

Фрагмент имитационной модели, работы 24 портового коммутатора при поступлении кадров данных, подчиняющихся экспоненциальному распределению, на языке GPSS World будет иметь вид:

```
inten variable (95)
```

```
port_r          function RN5,D26  
0,0/0.04,1/0.08,2/0.12,3/0.16,4/0.2,5/0.24,6/0.28,7/0.32,8/0.36,9/0.4,10/  
0.44,11/0.48,12/0.52,13/0.56,14/0.6,15/0.64,16/0.68,17/0.72,18/0.76,19/  
0.8,20/0.84,21/0.88,22/0.92,23/0.96,24/1,25
```

```

SYSTEM1      STORAGE      24

Input1      GENERATE      (exponential(1,0,100))
assign 2,(FN$port_r)
      TRANSFER ,switch_m
Input2      GENERATE      (exponential(2,0,100))
assign 2,(FN$port_r)
      TRANSFER ,switch_m
Input3      GENERATE      (exponential(3,0,100))
.....
    
```

Теперь введем изменения в нашу имитационную модель, изменив закон распределения промежутков между поступающими кадрами, в случае самоподобного трафика она достаточно хорошо описывается распределением Парето. Функция GPSS позволяет генерировать распределение Парето с параметром α . Фрагмент текста программы на языке GPSS приведен ниже:

```

inten variable (95)

port_r      function RN5,D26
0,0/0.04,1/0.08,2/0.12,3/0.16,4/0.2,5/0.24,6/0.28,7/0.32,8/0.36,9/0.4,10/
0.44,11/0.48,12/0.52,13/0.56,14/0.6,15/0.64,16/0.68,17/0.72,18/0.76,19/
0.8,20/0.84,21/0.88,22/0.92,23/0.96,24/1,25

SYSTEM1      STORAGE      24

Input1      GENERATE      (Pareto(1,600/16,1.6))
assign 2,(FN$port_r)
      TRANSFER ,switch_m
Input2      GENERATE      (Pareto(1,600/16,1.6))
assign 2,(FN$port_r)
      TRANSFER ,switch_m
Input3      GENERATE      (Pareto(1,600/16,1.6))
.....
    
```

Исследование имитационных моделей осуществлялось изменением соответствующих операндов соответствующих операторов, после их обработки построена зависимость среднего времени ожидания заявок в очереди от загрузки при поступлении на коммутатор простейшего и самоподобного потоков. Сравнительный анализ приведен на рис. 1.

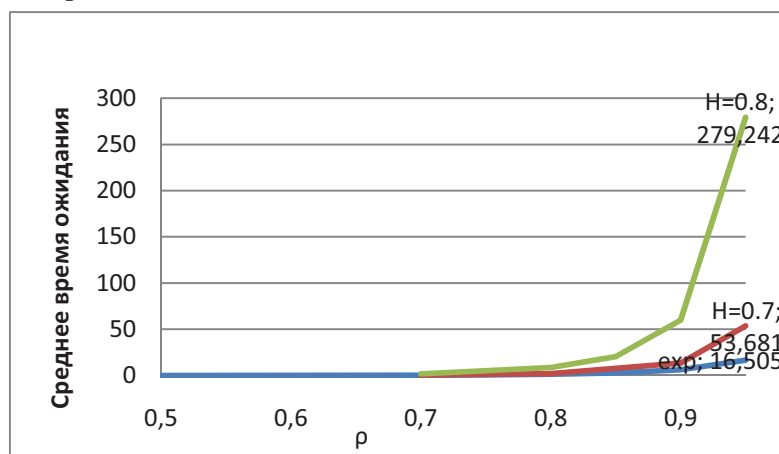


Рисунок 1 – Зависимость времени ожидания в очереди от коэффициента загрузки системы

На рис. 1 видно, что:

- при загрузке коммутатора равной 0,85 при поступлении простейшего потока среднее время ожидания в очереди равно нулю (буфер пуст);

- при загрузке коммутатора равной 0,8 при поступлении самоподобного потока с показателем самоподобия $H=0,7$ среднее время ожидания в очереди равно нулю (буфер пуст);

- при загрузке коммутатора равной 0,7 при поступлении самоподобного потока с показателем самоподобия $H=0,8$ среднее время ожидания в очереди равно нулю (буфер пуст).

После дальнейших исследований построена зависимость загрузки коммутатора от показателя степени самоподобия «Н» (рисунок 2), на которой видно, что с ростом показателя «Н» заполнение буфера начинается раньше, например, при $H=0,9$ заполнение буфера начнется уже при загрузке коммутатора 0,65. Производительность коммутатора снижается при самоподобной загрузке.

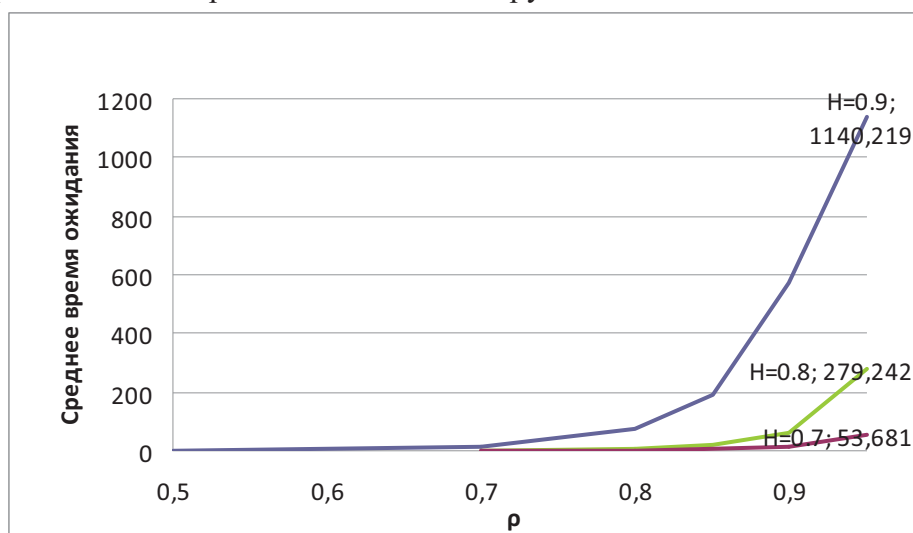


Рисунок 2 – Зависимость времени ожидания в очереди от показателя степени самоподобия «Н»

Эксперименты, проведенные с данными моделями, позволяют сделать следующие

ВЫВОДЫ:

- если трафик в локальной сети проявляет свойства самоподобного процесса то, существующие алгоритмы обработки трафика, созданные для работы с простейшими потоками, могут быть недостаточно эффективными, и не позволят получить полную и точную картину происходящего в сети;

- с ростом интенсивности трафика возрастает и коэффициент самоподобия;

- использование распределения Парето при моделировании трафика пульсирующего источника с долговременной зависимостью, позволяет учесть фрактальный характер трафика;

- самоподобность поступающего трафика требует большей величины буфера по сравнению с простейшим потоком поступающих кадров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крылов В.В., Самохвалов С.С. Теория телетрафика и ее приложения. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.
2. Моделирование информационных систем. /Под ред. О.И. Шелухина. – М.: Радиотехника, 2005. – 368 с.