

АНАЛИЗ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

С. А. Макеев (Санкт-Петербург)

Анализ эффективности функционирования сети передачи данных (СПД) и оптимизации конфигурируемых параметров маршрутизатора является весьма актуальной задачей. Ниже представлена разработанная автором имитационная модель, позволяющая оценить трафик создаваемый служебными сообщениями, время пребывания пакета в узле, адекватность таблиц маршрутизации в узлах, установить оптимальные конфигурируемые параметры протокола маршрутизации.

Программно модель реализована на языке Java и имеет следующие особенности:

- каждый компонент модели реализован в виде отдельного приложения и имеет свой IP-адрес и порт, что позволяет подбирать и связывать компоненты в зависимости от конкретных условий;
- имитационная модель маршрутизатора может быть максимально приближена к конкретной модели производителя;
- распределение компонентов модели СПД возможно как на одном, так и на нескольких компьютерах с целью максимального приближения к реальным условиям и моделирования сетей с неограниченным числом узлов, не ограничиваясь ресурсами одного компьютера.

Модель маршрутизатора представлена набором очередей и обрабатывающих устройств (рис. 1) и отображает процесс передачи пакетов, реализуемый следующим образом:

1. входящий пакет попадает в очередь Q_1 ;
2. процессор маршрутизатора, с учетом дисциплины обслуживания $ДО_1$, выбирает пакет и анализирует его заголовок;
3. процессор P , определяет направление для передачи сообщения, и поддерживает актуальность таблиц маршрутизации путем обмена служебными пакетами с другими узлами;
4. после обработки заголовка пакета и выбора исходящего направления, пакет попадает в очередь ожидания выходного канала Q_2 .

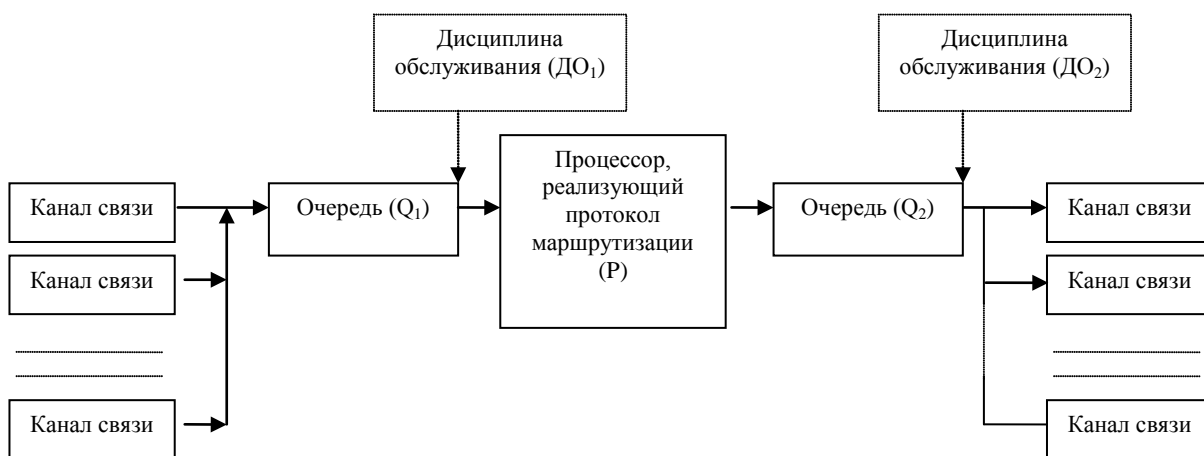


Рис. 1. Модель маршрутизатора

Время пребывания пакета в очереди Q_2 ожидания канала на несколько порядков больше, чем суммарное время пребывания пакета в очереди Q_1 и время обработки заголовка пакета процессором P , поэтому этими значениями можно пренебречь. Скомпоновав компоненты как показано на рис. 2 получим модель коммутатора с возможностью реализации протокола маршрутизации.

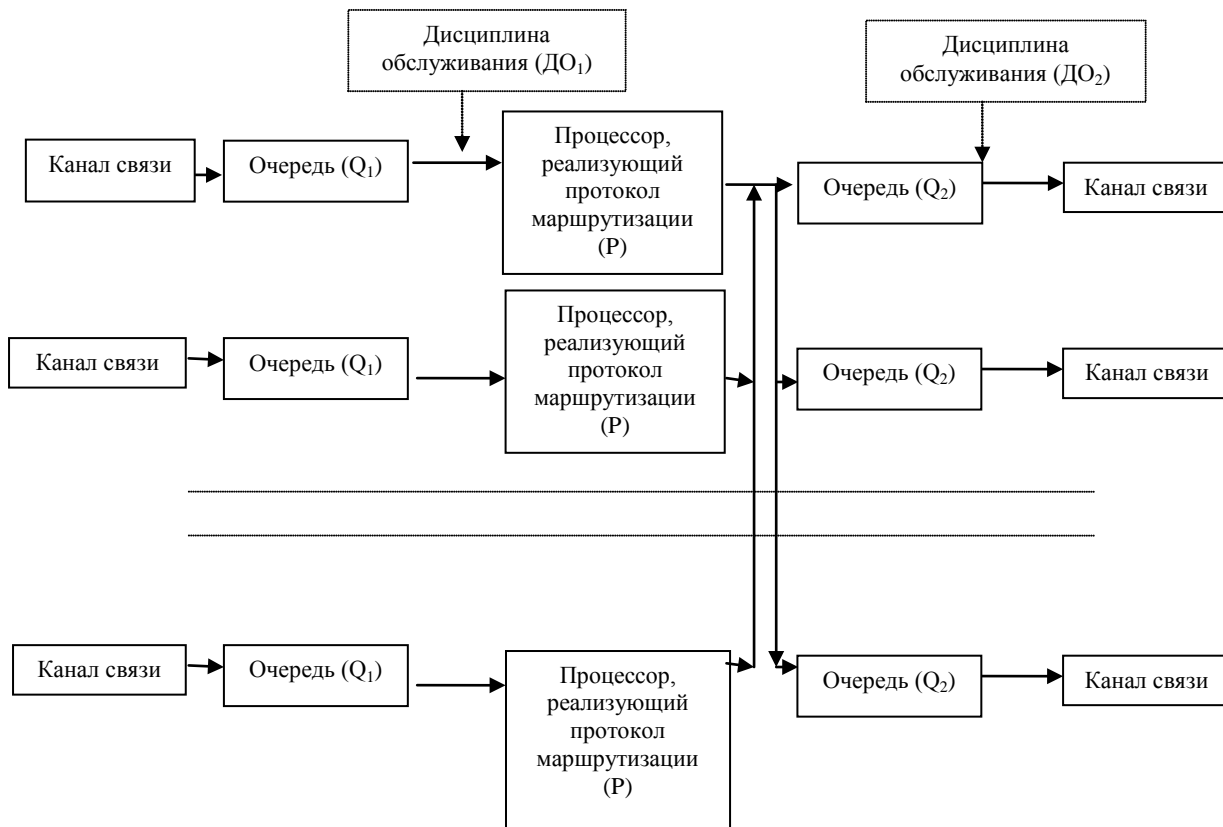


Рис. 2. Модель коммутатора

Исходными данными для разработанной имитационной модели являются следующие характеристики СПД:

1. Сетевые:
 - количество узлов;
 - связи между узлами, задаваемые матрицей инцидентности.
2. Узловые:
 - количество и тип каналов связи;
 - объем буферной памяти;
 - количество и производительность обрабатывающих устройств;
 - поддерживаемые протоколы маршрутизации.
3. Канальные:
 - максимальная пропускная способность каналов связи;
 - стоимость доставки пакета по каналу связи.

Источники нагрузки, задавались интенсивностями поступления пакетов. Интенсивность входного потока пакетов можно рассматривать как сумму трех типов потоков, а именно:

- потока пакетов от локальных сетей, подключенных к данному маршрутизатору;
- потока, создаваемого пакетами от других узлов сети;
- потока, создаваемого служебными пакетами протокола маршрутизации, используемыми для обновления маршрутной информации в узлах.

Практическая реализация источника нагрузки представляет собой генератор IP-пакетов, адресованных конкретному узлу, определенного размера с заданной интенсивностью. В модели канала связи основным параметром является пропускная способность.

В модели реализованы алгоритмы Hello, SPF и flooding, являющиеся основными алгоритмами протокола OSPF [1, 2]. Разработанная имитационная модель позволяет оптимизировать и настраивать такие параметры протокола маршрутизации, как:

- интервал времени рассылки пакетов Hello;
- интервал времени рассылки пакетов LSA;
- интервал времени жизни пакета.

С помощью добавления компонент или изменения их параметров осуществляется устранение узких мест в сети или подбор наиболее подходящей модели производителя маршрутизаторов, так как проще и дешевле изменить конфигурацию маршрутизатора, а не канала связи.

Имитационная модель была апробирована на тестовом варианте распределенной СПД, представленной на рис. 3.

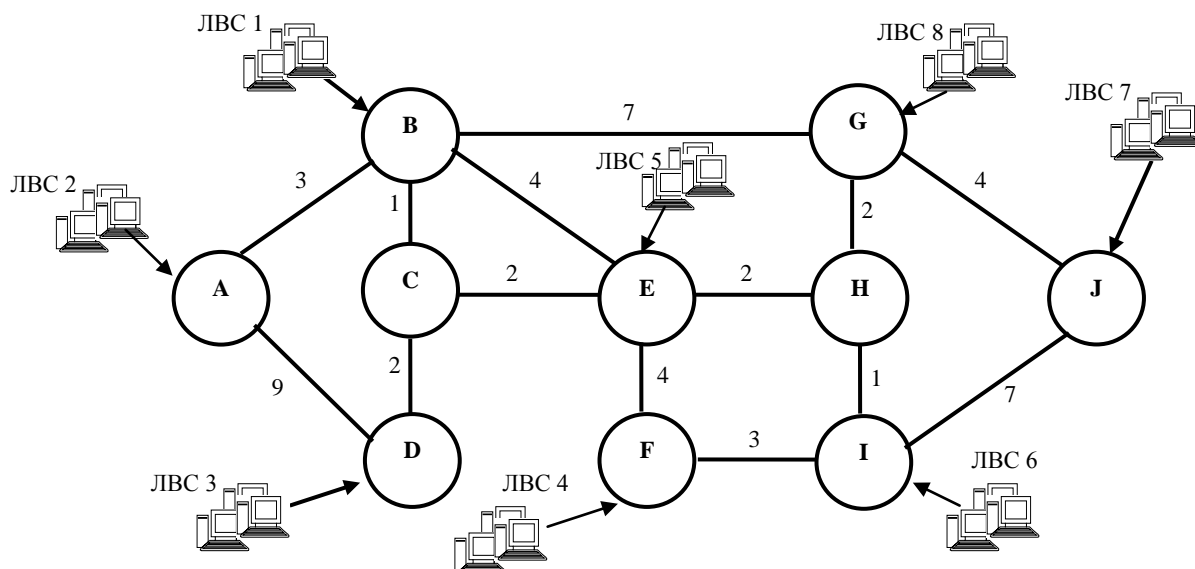


Рис. 3. Пример маршрутизируемой сети

Нагрузка создаваемая ЛВС1–ЛВС8 была принята равной нагрузке, создаваемой сетью содержащей 50 рабочих станций. Исходные данные принимались как на основе данных реальных ЛВС, так и на основе материалов, представленных Microsoft, Cisco, Oracle для сетей, имеющих распределенную структуру. Размер сетевого пакета был принят равным 1500 байт, пропускная способность канала связи принималась равной 10/100 Мбит/с. Структура узлов С, Е, Н соответствует структуре, представленной на рис. 2; остальные – рис. 1.

Целью проведенных тестов была оценка влияния конфигурируемых параметров протокола маршрутизации на адекватность таблиц маршрутизации и загрузку сети служебными пакетами. В результате были получены следующие зависимости, представленные на рис. 4.

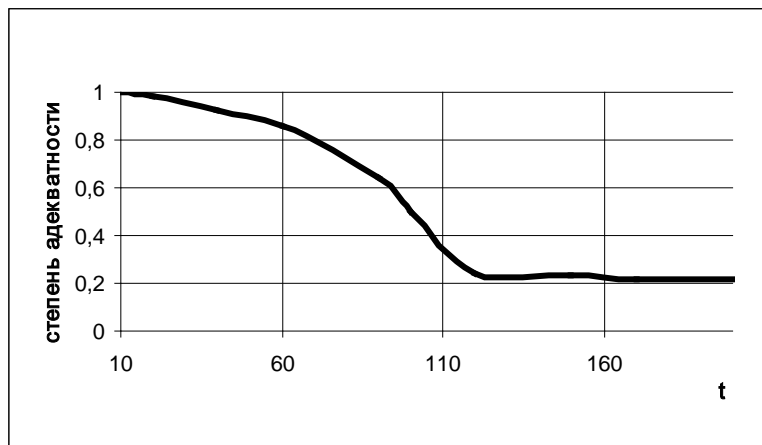


Рис. 4. Зависимость степени адекватности маршрутных таблиц от периода рассылки служебных пакетов

Степень адекватности таблицы маршрутизации представлена отношением количества маршрутов, на момент обращения имеющих метрику, совпадающую с метрикой, записанной в маршрутной таблице, к количеству устаревших маршрутов.

Результаты, полученные с помощью имитационной модели подтвердили данные, полученные ранее, с помощью методик, описанных в работе [3].

Вкратце отметим лишь основные моменты. Для расчета служебного трафика создаваемого протоколом маршрутизации была получена следующая аналитическая зависимость:

$$\lambda = \sum_{j=1}^M \left[m_j \sum_{i=1}^H \frac{N_i (l_{TP} + L_i + n_i l_i)}{n_i t_i} \right],$$

где M – количество узлов в сети, H – количество типов служебных сообщений; L_i – длина заголовка сообщения i -го типа; l_i – количество байт для описания одного маршрута в сообщении i -го типа; $l_{IP} = 20$ байт – длина заголовка IP пакета; n_i – максимальное количество маршрутов, описываемых в одном сообщении i -го типа; N_i – общее количество маршрутов, которые необходимо описать; m_j – количество копий, рассылаемое узлом j ; t_i – интервал времени между сообщениями i -го типа.

Подставив рекомендуемые значения переменных получим следующие формулы для расчета трафика, создаваемого служебными сообщениями протокола маршрутизации: $\lambda_{RIP} = (m) = 0,7m^2$, $\lambda_{OSPF} = (m) = 0,5m^2 + 4,4m$, $\lambda_{IGRP} = (m) = 0,2m^2$. Протокол IGRP создает наименьшую загрузку сети служебным трафиком только при рекомендуемом времени рассылки служебных сообщений и хорошо работает только при стационарном режиме работы сети, при не стационарности, резко падает адекватность таблиц маршрутизации в 9–10 раз. Если уменьшить интервал времени рассылки служебных сообщений и принять его равным 10 с., как в протоколе OSPF получим: $\lambda_{IGRP} = (m) = 1,8 m^2$. Загрузка процессора обработкой служебных сообщений, в общем случае, определяется как $\rho = \lambda b$, где λ – суммарная интенсивность поступления служебных пакетов, b – средняя длительность обработки в маршрутизаторе одного служебного пакета.

Для протоколов OSPF и IGRP получены следующие формулы:
 $R_{OSPF}(b, m) = 0,11b_{OSPF} m \lg(m)$, $R_{IGRP}(b, m) = 0,12b_{IGRP} m^2$.

Очевидно, что протокол OSPF наименее требователен к ресурсам сети, что и послужило основанием для выбора именно этого протокола маршрутизации для более детального исследования с помощью имитационной модели.

Следующим направлением исследований было изучение влияния коммутации пакетов на скорость доставки сообщений и загрузку сети, при этом предполагалось:

- каждый порт имеет свой процессор для обработки заголовков пакетов;
- для каждого пакета резервируется сетевой трафик;
- маршрут определяется для сообщения, а не для каждого сетевого пакета и закрепляется на все время передачи этого сообщения.

Модель коммутатора представлена на рис. 2, топология сети – рис. 3.

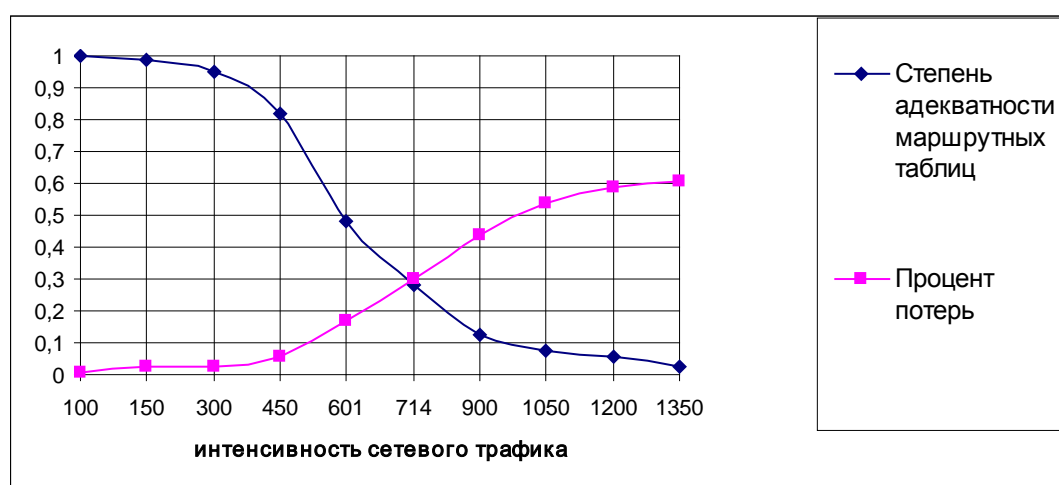


Рис. 5. Зависимость процента потерь и степени адекватности таблиц маршрутизации от интенсивности сетевого трафика

Из графиков следует, что для данной модели можно рекомендовать коммутацию пакетов при входной интенсивности пакетов не превышающей 75% максимальной пропускной способности канала.

Было выявлено расхождение результатов, полученных аналитически и с помощью имитационной модели, не более чем на 10–15%. Из графика (рис. 4) видно, что оптимальный интервал времени рассылки служебных сообщений находится в районе 30с, при этом маршрутные таблицы будут отражать реальное состояние связей с вероятностью 90%. Аналогичные значения устанавливаются по умолчанию в протоколе OSPF. Подобные исследования проводятся производителями аппаратных сетевых устройств, но методы, лежащие в их основе, как правило, относятся к коммерческой тайне фирмы производителя. Описанная здесь имитационная модель позволяет закрыть некоторые пробелы в этой области, например, получение фирмами-производителями рекомендуемых значений конфигурируемых параметров протоколов маршрутизации.

Литература

1. Ю.А. Семенов. «Протоколы и ресурсы Internet», М., Радио и связь, 1996
2. J. Moy. «OSPF Version 2» (RFC 1583), Proteon Inc., March 1994
3. С.А. Макеев. «Сравнительный анализ внутренних протоколов маршрутизации в IP – стеке» сборник «Современные технологии», СПб, ИТМО, 2002, с.182.