

**ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МАРШРУТИЗАТОРА, РАБОТАЮЩЕГО НА
ОСНОВЕ ПРОТОКОЛА OSPF****С. А. Макеев (Санкт-Петербург)**

Протоколы маршрутизации (ПМ) имеют множество конфигурируемых параметров, значения большинства из них устанавливаются по умолчанию. Основной задачей протокола маршрутизации является поддержка адекватности таблиц маршрутизации с минимальной загрузкой ресурсов сети. Несколько лет назад при выборе ПМ было необходимо рассматривать его ресурсоемкость с точки зрения загрузки процессора маршрутизатора. Сегодня этот момент можно игнорировать, и наиболее интересным конфигурируемым параметром ПМ становится интервал рассылки служебных сообщений, так как именно этот параметр наиболее существенно влияет на загрузку сети служебной информацией ПМ. С другой стороны, изменения таблиц маршрутизации (изменения метрик маршрутов) чаще всего происходят при переполнении буфера или увеличении очереди того или иного канала связи (КС), что влечет изменение времени доставки пакета. При этом физические помехи все больше уходят на второй план. Таким образом, для минимальной загрузки сети служебной информацией ПМ при удовлетворении условиям доставки сообщений, необходимо иметь возможность оценки длины очередей КС в зависимости от интенсивности поступления пакетов и загрузки сети служебной информацией ПМ.

Для решения этих задач была разработана имитационная модель, состоящая из двух модулей:

- Router-процесс, имитирует работу одного маршрутизатора сети (рис. 1), для каждого маршрутизатора исследуемой сети запускается отдельный процесс Router;

- Generator-процесс, синхронизирует модельное время и имитирует источники сообщений (подключенные к маршрутизаторам Router[0..n] исследуемой сети), при моделировании исследуемой сети запускается единственный процесс Generator.

Router и Generator представляют собой 32-х разрядные консольные приложения, выполняемые под ОС Windows. Запуск приложений возможен как на разных компьютерах сети (с целью распределения вычислительной нагрузки), так и на одном компьютере. Синхронизация модельного времени осуществляется посредством рассылки процессом Generator сообщений, содержащих уведомление об увеличении текущего модельного времени на условную единицу – квант для каждого процесса Router[i], имитирующего работу одного маршрутизатора исследуемой сети. Каждый процесс Router[i], получив такое сообщение, выполняет все необходимые действия по имитации работы маршрутизатора в течение кванта времени. По окончании выполнения действий по имитации работы маршрутизатора каждый процесс Router[i] отправляет сообщение, адресованное процессу Generator и содержащее уведомление об отработке полученного “кванта” модельного времени. Процесс Generator, получив сообщения с уведомлениями от всех процессов Router[i], осуществляет продвижение модельного времени на квант посредством очередной рассылки сообщений. При имитации сети передачи данных могут возникать следующие события:

- обработка пришедшего служебного сообщения LSA, LSU, Hello процессором маршрутизатора;

- обработка заголовка поступившего сообщения процессором маршрутизатора с целью выбора направления передачи сообщения в соответствии с таблицей маршрутизации данного маршрутизатора;

- передача сообщения по каналу.

Необходимо отметить, что получение сообщения маршрутизатором и постановка его в очередь на обслуживание происходят асинхронно.

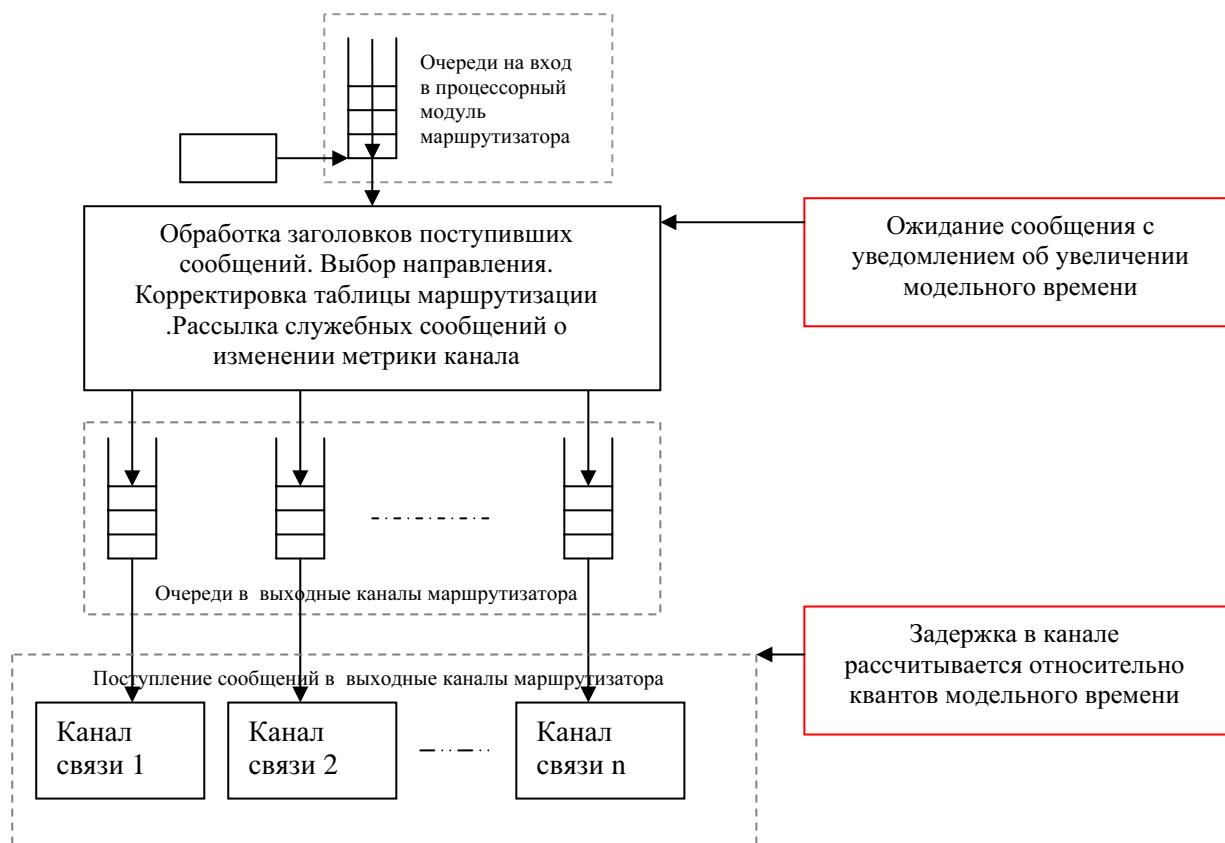


Рис.1. Модель маршрутизатора

Длительность передачи IP пакета средней длины по каналу 1000 Мбит/с значительно превышает длительность обработки заголовка сообщения процессором маршрутизатора с целью выбора направления передачи сообщения. Длительность обработки служебных сообщений также больше длительности обработки заголовка сообщения процессором маршрутизатора. Для корректной работы системы необходимо определить весовые значения всех основных операций, выполняемых маршрутизатором, и задать единицу модельного времени. В данном случае, минимальный промежуток времени между событиями в системе – время, затрачиваемое одним процессором маршрутизатора на обработку заголовка поступившего сообщения с целью выбора направления передачи сообщения в соответствии с таблицей маршрутизации. Это время можно рассчитать исходя из документации на маршрутизатор. Например, при обработке одного пакета маршрутизатор Freeway выполняет около 600 команд. На обработку одного пакета уходит приблизительно 70 мкс. За квант времени, формируемый приложением Generator, было принято время, затрачиваемое одним процессором маршрутизатора на обработку заголовка поступившего сообщения.

Основными функциями приложения Generator являются:

- имитация потока сообщений от источников, подключенных к маршрутизаторам исследуемой сети;
- синхронизация модельного времени.

Работу приложения можно разделить на два этапа:

- этап инициализации;
- этап моделирования.

В задачу приложения Router входит имитация работы маршрутизатора по протоколу OSPF, а также имитация работы подключенных к маршрутизатору выходных каналов. Приложение реализует модель, отображающую обработку заголовков поступивших сообщений в процессорах маршрутизатора (процессорный модуль) и передачу обработанных сообщений по выходным каналам. Приложение также реализует генерацию и обработку поступивших служебных сообщений LSA, LSU, Hello [1]. Поступающие служебные сообщения (LSA, LSU, Hello) имеют максимальный приоритет. Время пребывания пакета в очередях ожидания канала на несколько порядков больше, чем суммарное время пребывания пакета в очереди к процессорному модулю и времени обработки заголовка пакета процессором, поэтому переполнения входных очередей маршрутизатора невозможно в режиме функционирования системы без перегрузок. По этой причине было принято решение объединить входные очереди в одну (в целях упрощения алгоритма приложения Router). Работа приложения Router начинается с фазы инициализации, в которой производится чтение из файла, содержащего инициализационные данные. Далее приложение Router создает маршрутную таблицу на основании матрицы состояния связей сети и номера маршрутизатора, для имитации работы которого запущен процесс, и осуществляет расчет задержек в выходных каналах маршрутизатора относительно квантов модельного времени

Необходимая информация для инициализации процесса Router[i]:

- количество маршрутизаторов в исследуемой сети;
- $S(n)$ – матрица состояния связей;
- S_{ij} – метрика канала, соединяющего маршрутизатор i с маршрутизатором j ;
- длина очередей выходных каналов маршрутизатора;
- среднее время обработки заголовка одного сообщения одним процессором маршрутизатора;
- количество процессоров в маршрутизаторе;
- интервал рассылки служебного hello сообщения;
- интервал рассылки служебных сообщений о состоянии связей маршрутизатора;
- список IP адресов компьютеров сети, на которых запущены процессы для имитации остальных маршрутизаторов;
- IP адрес компьютера сети на котором запущен процесс Generator.

Необходимая информация для инициализации процесса Generator:

- количество маршрутизаторов в исследуемой сети;
- номер маршрутизатора, для имитации работы которого запускается процесс;
- $S(n)$ – матрица состояния связей;
- S_{ij} – метрика канала, соединяющего маршрутизатор i с маршрутизатором j ;
- $\lambda = [\lambda_{kl}]$ – матрица интенсивностей сообщений от источника (ЛВС), соединенного с маршрутизатором k , к источнику, подсоединенному к маршрутизатору l ;
- задержка в миллисекундах между посылкой квантов модельного времени;
- время моделирования.

В ходе работы программного комплекса каждый процесс заполняет файлы статистики содержащие:

- время пребывания сообщения в узле;

- время пребывания сообщения в системе;
- время поступления /генерации служебных сообщений;
- сообщения, обработанные маршрутизатором;
- сообщения, сгенерированные процессом Generator.

В качестве достоинств представленной имитационной модели можно отметить отсутствие ограничений на количество узлов в сети и возможность реализации любой сетевой топологии.

Имитационная модель была апробирована на тестовом варианте распределенной СПД. Нагрузка создаваемая ЛВС 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 [2]. Размер сетевого пакета был принят равным 1500 байт, пропускная способность канала связи принималась равной 100/1000 Мбит/с. Целью проведенных тестов была оценка влияния конфигурируемых параметров протокола маршрутизации на адекватность таблиц маршрутизации, время доставки сообщений и загрузку сети служебными пакетами. Степень адекватности таблицы маршрутизации представлена отношением количества маршрутов, имеющих на момент обращения 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]. Было выявлено расхождение результатов, полученных аналитически и с помощью имитационной модели, не более чем на 10–15%. Разработка имитационной модели в виде программного комплекса, обусловлена необходимостью проведения исследований протокола маршрутизации, в данном случае OSPF.

Литература

1. **Мой J.** OSPF Version 2 (RFC 1583), Proteon Inc., March 1994.
2. **Мой J.** OSPF protocol analysis (RFC 1245), Proteon Inc., July 1991.
3. **Макеев С. А.** Сравнительный анализ внутренних протоколов маршрутизации в IP – стеке//Современные технологии, – СПб: ИТМО, 2002. – С. 182.