

УДК 004.427.27

П. М. БУЙ, кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель; Д. Е. ГОНЧАРОВ, электромеханик связи, Минская дистанция сигнализации и связи; К. М. ЛЕВШУНОВА, программист, FLLC "EPAM Systems", г. Гомель.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С КОММУТАЦИЕЙ ПАКЕТОВ

Рассмотрены сети передачи данных с коммутацией пакетов и их разновидности. Определена необходимость использования имитационного моделирования для анализа и оптимизации таких сетей. Указаны недостатки существующих компьютерных моделей и необходимость использования собственного программного обеспечения в учебном процессе. Описаны интерфейс, параметры и функциональные возможности предложенного программного обеспечения. Приведены примеры практического использования разработанной компьютерной модели и анализа результатов моделирования для проведения исследований сетей передачи данных с коммутацией пакетов в реальных условиях функционирования.

Сети передачи данных с коммутацией пакетов – это сети, в которых несколько источников информации одновременно имеют возможность передавать свои сообщения в сеть связи. При этом сообщения разделяются на части небольшого размера (так называемые пакеты) и передаются по сети от одного узла коммутации к другому независимо друг от друга. Приёмники информации собирают исходные сообщения из пакетов. В таких сетях по одной физической линии связи одновременно могут обмениваться сообщениями несколько источников и приёмников информации [1]. Коммутация пакетов применяется в сетях IP, X.25, Frame Relay (пакеты называются кадрами), ATM (пакеты называются ячейками).

Существует несколько способов организации коммутации пакетов. Первый способ заключается в использовании виртуальных каналов. Виртуальный канал – это условно установленный маршрут между источником и приёмником информации, по которому будут передаваться все пакеты. При этом виртуальные каналы могут быть постоянными, созданными в процессе настройки сети, и коммутируемыми, созданными при появлении сообщения у источника информации. Второй способ организации коммутации пакетов называется датаграммным. При нём каждый пакет передается по сети по собственному маршруту, в зависимости от пропускной способности участков сети и очередей на её узлах.

Применение коммутации пакетов позволяет максимально эффективно использовать пропускную способность сети передачи данных. Однако при превышении объема информации, поступающей от источников, выше определенной предельной величины, определяемой пропускной способностью отдельных участков сети, на узлах коммутации возникают очереди из пакетов, которые приводят к появлению временных задержек в процессе передачи информации. Оптимальный выбор параметров сети должен привести к минимизации временных задержек и, тем самым, к повышению качества обслуживания пользователей сети передачи данных.

Для оптимизации параметров сети передачи данных необходимо использовать метод, который позволил бы описать процесс функционирования сети передачи данных в реальных условиях эксплуатации с возможностью выявить узлы и участки сети, которые формируют очереди из пакетов, а также определить причины появ-

ления этих очередей. Таким методом является имитационное моделирование [2].

Имитационная модель сети передачи данных с коммутацией пакетов, с одной стороны, позволит проводить исследования реальных сетей с имитацией критических условий эксплуатации (выход из строя узла или линии связи, резкое увеличение объема передаваемой информации), а с другой – детально, на реальных примерах, изучить процесс коммутации пакетов в учебном процессе.

Таким образом создание имитационной модели сети передачи данных с коммутацией пакетов является весьма актуальной задачей.

В настоящее время существует множество программных продуктов, имитирующих работу сетей передачи данных. К наиболее распространенным относятся COMNET, NetMarket, OPNet, OMNeT++, NS-2, NetCracker. Однако большинство из них обладают существенным недостатком: они стоят достаточно дорого, до нескольких десятков тысяч условных единиц за одну базовую конфигурацию [3]. Конечно, некоторые из этих продуктов распространяются бесплатно, но зачастую с ограниченными возможностями. Кроме того, они имеют достаточно сложную функциональную структуру, их интерфейс выполнен на английском языке, и их нельзя самостоятельно модифицировать, что затрудняет их использование в учебном процессе.

Поэтому было принято решение о создании собственной имитационной модели сети передачи данных с коммутацией пакетов, которую можно использовать как для учебного процесса, так и для научных исследований. Конечно, по функциональным возможностям данной модели далеко до представленных выше программ, однако она хорошо решает поставленную перед ней специализированную задачу.

В разработанном программном обеспечении можно составлять сети передачи данных сложной конфигурации, устанавливая такие объекты сети, как узлы коммутации, источники информации и линии связи между ними. Для каждого объекта сети предусмотрена возможность индивидуальной конфигурации за счет управления их параметрами. Для хранения структуры сети и параметров ее объектов применяется формат xml-файла.

Для сети в целом в программе имеется возможность выбирать тип коммутации: постоянные виртуальные каналы (PVC), коммутируемые виртуальные каналы (SVC), датаграммный режим (рисунок 1), а также размер пакета и его заголовка. Помимо стандартных размеров пакетов, соответствующих существующим технологиям сетей передачи данных с коммутацией пакетов, существует возможность задания пользовательского размера пакета, что позволяет в учебном процессе определить оптимальный размер заголовка пакета и его влияние на качество обслуживания пользователей сети. Помимо функциональных параметров сети есть возможность устанавливать параметры отображения сети на экране.

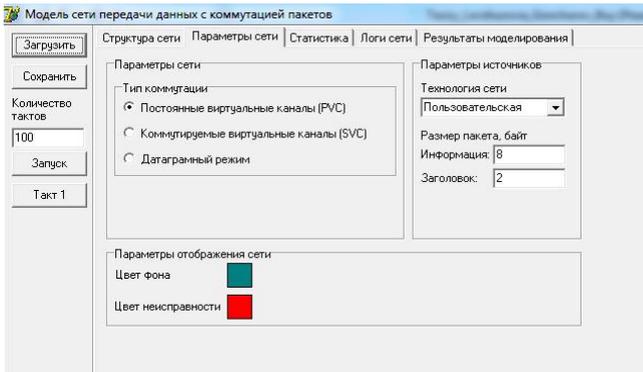


Рисунок 1 – Выбор параметров сети

На рисунке 2 представлена схема сети передачи данных, специально составленная для анализа причин образования очередей из пакетов в учебном процессе. На схеме присутствует один источник информации, который передает в сеть информационные пакеты и один приемник, на который они поступают. Для источника можно выбрать один из законов, по которому будет изменяться объем передаваемой информации во времени, а также ограничить ее минимальное и максимальное значения.

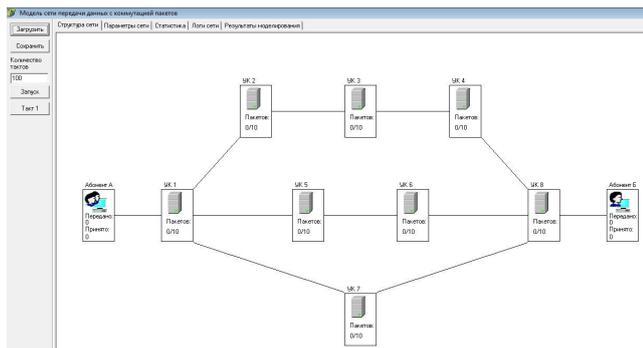


Рисунок 2 – Схема сети передачи данных

Представленная схема предполагает три основных маршрута передачи пакетов от источника к приемнику: первый включает три узла коммутации (УК1, УК7 и УК8), второй – четыре (УК1, УК5, УК6, УК8), третий – пять (УК1, УК2, УК3, УК4, УК8). Для каждого узла коммутации устанавливается объем внутренней памяти для временного хранения передаваемых пакетов. Для линий связи устанавливается пропускная способность. Любой объект сети и линию связи можно «вывести из строя» для проведения анализа устойчивости сети к нештатным условиям функционирования.

Для имитации работы сети устанавливается временной интервал, в течение которого сеть будет функционировать. Причём можно не только оценить состояние сети по истечении данного интервала, но и пошагово проследить ее работу, просматривая содержимое внутренней памяти каждого объекта сети. Узлы коммутации на структурной схеме сети сигнализируют на каждом такте о своей перегрузке красным огнём (при штатной работе – огонь зелёный).

После завершения имитации работы сети передачи данных с коммутацией пакетов в заданном временном интервале, а также после каждого такта можно произвести анализ ее функционирования. Для каждой линии связи в сводной таблице приводится её нагрузка, которая характеризуется объемом данных (передаваемая информация и заголовки пакетов), переданным за время моделирования по данной линии. Для узлов коммутации также рассчитывается нагрузка, которая зависит от числа пакетов, занимавших его внутреннюю память в процессе работы сети. Это позволяет провести сравнительный анализ эффективности различных типов коммутации пакетов при одинаковых условиях функционирования сети. Для примера в таблице 1 приведен объем данных, переданный по каждой линии связи сети передачи данных, показанной на рисунке 2, за 10 тактов моделирования для всех трех типов коммутации пакетов (PVC, SVC и датаграммный режим). Из таблицы видно, что при режиме постоянных виртуальных каналов четыре линии связи вообще не участвовали в процессе передачи информации. Это объясняется тем, что они не входят в основной и резервный канал для передачи информации от источника к приемнику в данной сети. В режиме коммутируемых виртуальных каналов и датаграммном режиме все линии связи участвуют в передаче. Чем короче маршрут, тем он более загружен, ведь узлы коммутации в первую очередь стараются отправлять пакеты в сторону кратчайшего расстояния до приёмника. Однако при датаграммном режиме суммарный объем переданной информации больше, что указывает на более эффективное использование этим режимом пропускной способности отдельных линий связи и сети передачи данных в целом.

Таблица 1 – Нагрузка линий связи сети передачи данных

Наименование линии связи	Объем данных, переданных за 10 тактов, байт		
	PVC	SVC	Датаграммный режим
Аб. А – УК1	1400	1400	2000
УК1 – УК2	0	200	650
УК2 – УК3	0	200	600
УК3 – УК4	0	200	500
УК4 – УК8	0	200	450
УК1 – УК5	400	350	250
УК5 – УК6	400	300	200
УК6 – УК8	350	250	200
УК1 – УК7	500	700	900
УК7 – УК8	400	600	800
УК8 – Аб. Б	600	850	1200

В программе существует база всех пакетов, созданных источниками информации во время моделирования. Выбрав номер пакета, которые выдаются по порядку с начала моделирования, можно установить его источник и приёмник, маршрут, по которому он перемещался по сети, текущее положение, если он ещё не достиг приёмника, а также время, потраченное на его передачу. Анализируя последний параметр для всех

доставленных пакетов, можно делать выводы о задержке передачи информации в исследуемой сети в целом.

В учебном процессе такая имитационная модель позволяет изнутри изучить процесс коммутации пакетов, сделать выводы о его преимуществах и недостатках, а также найти слабые места любой сети передачи данных, предложенной преподавателем, при её функционировании как в штатных, так и в экстремальных условиях. Кроме того, в программе можно реализовать практически любую существующую сеть передачи данных с коммутацией пакетов и проанализировать эффективность её работы. Имитируя те или иные отказы оборудования или обрывы линий связи, можно произво-

дить оптимизацию сети с сохранением заданного уровня надёжности.

Список литературы

1 **Кудряшов, В. А.** Передача дискретной информации на железнодорожном транспорте / В. А. Кудряшов, Н. Ф. Семёнова. – М. : ЗАО «Вариант», 1999. – 328 с.

2 **Вишневский, В. М.** Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В. М. Вишневский. – М. : Техносфера, 2003. – 512 с.

3 **Гудов, А. М.** Имитационное моделирование процессов передачи трафика в вычислительных сетях / А. М. Гудов, М. В. Семехина // Управление большими системами. Вып. 31. – М. : ИПУ РАН, 2010. – С. 130–161.

Получено 30.09.2014

P. M. Bui, D. E. Goncharov, K. M. Levshunova. Imitating modeling of network functioning of data transmission with switching of packages.

Data transmission networks with switching of packages and their versions are considered. Need of use of imitating modeling for the analysis and optimization of such networks is defined. Shortcomings of the existing computer models and need of use of own software for educational process are specified. The interface, parameters and functionality of the offered software are described. Examples of practical use of the developed computer model and the analysis of results of modeling for carrying out researches of networks of data transmission with switching of packages in actual practice of functioning are reviewed.