

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

В. Д. Боев, А. О. Ушкань (Санкт-Петербург)

Качество обслуживания – предоставление приложениям и пользователям сети предсказуемого сервиса доставки данных (сообщений).

Предсказуемость – возможность количественно оценить вероятность того, что сеть будет передавать определенный поток данных (сообщений) между двумя узлами в соответствии с потребностями приложения или пользователя.

Качество обслуживания характеризуют следующие показатели:

- оценка вероятности (далее вероятность) пропускной способности сети;
- оценка математического ожидания среднего времени (далее среднее время) передачи сообщений;
- оценка вероятности (далее вероятность) потери сообщений.

В настоящее время известен ряд специализированных программных продуктов, предназначенных непосредственно для моделирования сетей передачи данных. Однако по разным причинам они не нашли достаточно широкого распространения в нашей стране. В том числе и из-за высокой стоимости, не оправдывающей экономически решение задачи оценки качества обслуживания той или иной сети.

В упомянутых программных продуктах сеть передачи данных рассматривается как сеть массового обслуживания (СМО), а для моделирования используется дискретно-событийный метод. Этот же метод реализован и в известных системах моделирования общецелевого назначения, например, Anylogic и GPSS World.

Авторами для компьютерной реализации методики выбрана система моделирования GPSS World.

Постановка задачи

Сеть передачи данных представляет собой СМО вида: многофазная, многоканальная, с несколькими неоднородными потоками заявок на обслуживание, разомкнутая, конечной надежности, с очередями ограниченной емкости на отдельных фазах обслуживания. Внешняя часть сети (ВС) организуется узлами типа К2. Каждый узел К2 вместе с узлами типа К1 образуют ЛВС. Источники информации на узлах К1.

Сеть имеет следующие характеристики:

- количество элементов сети различных типов;
- количество источников и видов сообщений;
- средние интервалы времени поступления запросов на передачу сообщений всех видов от всех источников;
- средние интервалы времени между отказами элементов сети;
- среднее время восстановления элементов сети;
- емкости накопителей (буферов) элементов сети;
- средние длины сообщений всех видов от всех источников;
- длины линий связи между узлами сети;
- скорости обработки сообщений элементами сети;
- маршруты передачи сообщений.

Необходимо разработать методику оценки качества обслуживания сети по следующим показателям:

$P_{np} = \frac{S_{пол}}{S_{омп}}$ – вероятность пропускной способности сети, $S_{пол}$ – количество полученных адресатами сообщений, $S_{омп}$ – количество отправленных сообщений (поступивших на входы сети);

$t_{cp} = \frac{T_{пер}}{S_{пол}}$ – среднее время передачи сообщения, $T_{пер}$ – суммарное время передачи

чи $S_{пол}$ сообщений;

$P_{пот} = 1 - P_{np}$ – вероятность потерь сообщений.

Методика оценки состоит из двух частей. Первая часть моделирует структуру сети, а вторая часть – имитационная модель в среде GPSS World, протекающие в ней процессы передачи данных.

Решение задачи

Первая часть представляет собой интерфейс ко второй части, разработанный с использованием системы визуального программирования Delphi. Он предназначен для:

- построения сети в виде графа;
- ввода характеристик сети;
- нахождения кратчайших путей между узлами сети по методу Дейкстры или по методу Флойда;
- разбиения сети на элементы, необходимые для имитационного моделирования;
- порядковой нумерации элементов сети;
- составления матриц кратчайших маршрутов передачи сообщений в номерах элементов сети;
- преобразования исходных данных в форму, «понятную» GPSS World;
- запуска имитационной модели и вывода результатов моделирования;
- сравнительной оценки средних времен передачи сообщений, полученных по методу Дейкстры или Флойда, со средними временами, полученными по результатам имитационного моделирования.

Вторая часть методики – имитационная модель, представлена на рис. 1. В программной реализации методики сообщения и пакеты имитируются транзактами.

В блоке 1 вводятся исходные данные. Блок 2 предназначен для имитации источников сообщений. Принято, что среднее время интервалов поступления сообщений для всех источников одинаковое. Интервалы же поступления сообщений от одного источника распределены по экспоненциальному закону.

В блоке 3 по заданному количеству узлов, источников информации и каналов связи, согласно которому проведена поэлементная декомпозиция сети и каждому элементу присвоен порядковый номер, разыгрывается адрес отправителя. Здесь же разыгрывается и источник (вид информации). Данные адреса отправителя заносятся в соответствующие параметры транзакта-сообщения.

В блоке 4 по экспоненциальному закону разыгрывается длина сообщения и также заносится в параметр транзакта-сообщения.

Адресные данные получателя разыгрываются в блоке 5 и запоминаются в параметре транзакта-сообщения так же, как и адресные данные отправителя в блоке 3.

- В блоке 6 сравниваются данные адресов отправителя и получателя. По результату сравнения определяется нахождение получателя. Если получатель находится на К1, входящим в ЛВС отправителя, то в параметр транзакта-сообщения заносится признак передачи по ЛВС (блок 7). В противном случае – в блоке 17 признак передачи по внешней сети.

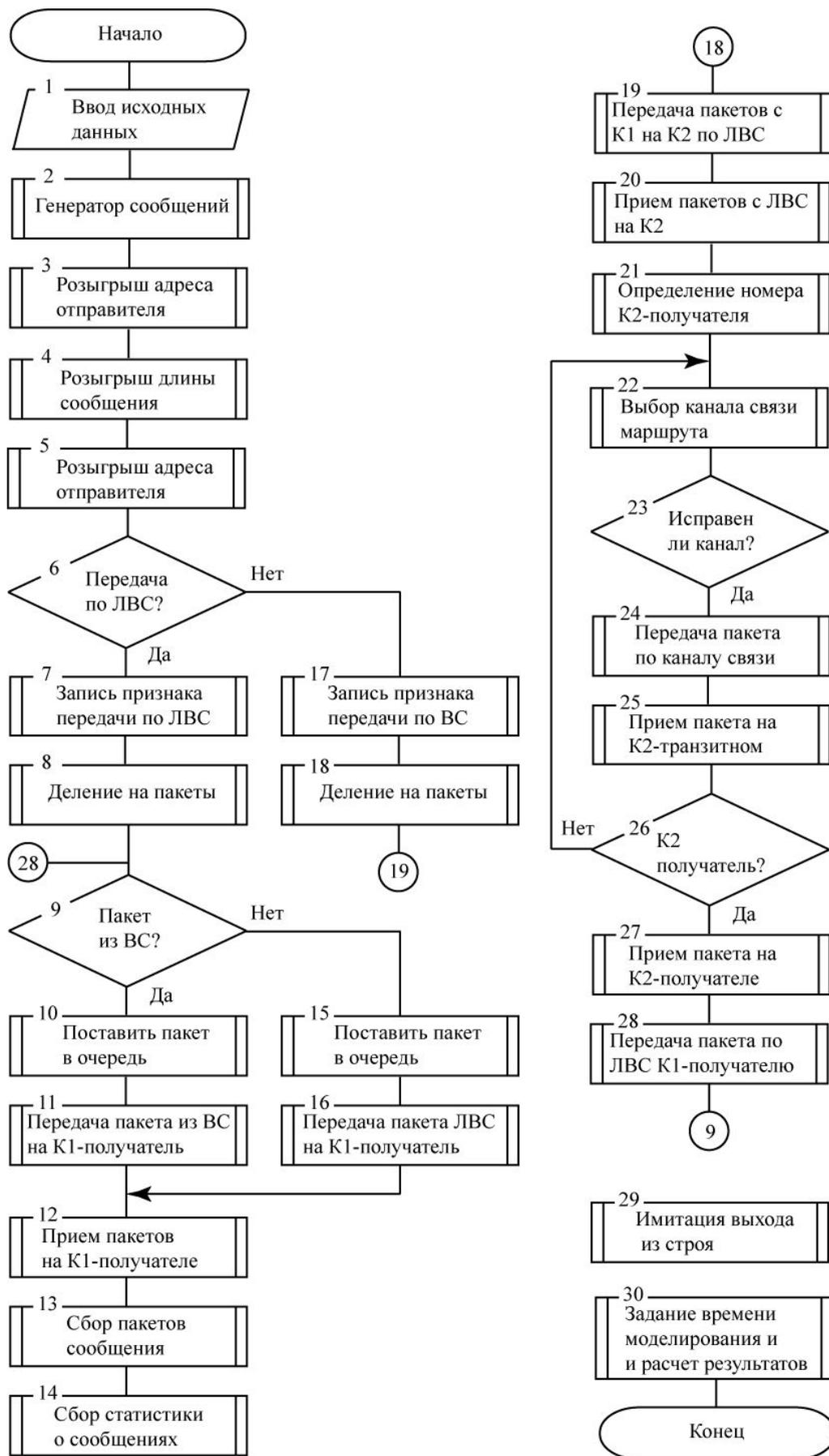


Рис. 1. Алгоритм имитационной модели функционирования сети

После этого согласно занесенному признаку в блоке 8 или блоке 18 сообщение делится на пакеты, то есть, либо из блока 8, либо из блока 18 выходят транзакты, количество которых равно количеству пакетов в транзакте-сообщении. Каждый транзакт-пакет имеет те же значения параметров, что и породившее их транзакт-сообщение.

Транзакты-пакеты из блока 8 поступают на блок 9, а из блока 18 – на блок 19.

Предположим, что сообщение должно быть передано по ЛВС. Тогда транзакт-сообщение разделено на транзакты-пакеты в блоке 8, и они поступают на блок 9. На этот же блок 9 поступают транзакты-пакеты из ВС, которые также должны быть переданы по данной ЛВС К1-получателю.

В блоке 9 происходит разделение входного потока транзактов-пакетов на два потока: поток транзактов-пакетов из ВС и поток транзактов-пакетов от К1-отправителей данной ЛВС.

Пусть транзакт-пакет поступил из ВС (на К2 данной ЛВС). Блоком 9 он передается в блок 10, в котором ставится в очередь на передачу, так как общая шина может быть занята. Как только общая шина становится свободной, транзакт-пакет поступает в блок 11, имитирующий передачу транзакта-пакета из ВС на К1-получатель.

В блоке 12 имитируется прием транзактов-пакетов К1-получателем, а в блоке 13 – сбор («сшивание») транзактов-пакетов одного сообщения.

После «сшивания» уже транзакт-сообщение поступает в блок 14, который осуществляет сбор статистики о переданных, то есть дошедших до получателей сообщениях, и вывод транзактов-сообщений из модели.

Вернемся к блоку 9. Теперь предположим, что транзакт-пакет, поступил не из ВС, а должен быть передан с какого-либо К1 данной ЛВС, также на К1 этой же ЛВС. Тогда он передается в блок 15, который осуществляет постановку в очередь на К1-отправителе. Затем, когда наступает очередь этого транзакта-пакета, он переходит в блок 16, имитирующий передачу по ЛВС. Далее транзакт-пакет с К1 обрабатывается блоками 12...14, аналогично транзакту-пакету из ВС.

Возвратимся к блоку 18, когда сообщение с К1-отправителя данной ЛВС должно быть передано по ВС К1-получателю другой ЛВС.

Транзакт-пакет из блока 18 поступает в блок 19, который имитирует передачу с К1-отправителя на К2 данной ЛВС.

В блоке 20 имитируется прием транзакта-пакета, а в блоке 21 – определяется номер К2-получателя ВС.

Блоки 22...26 имитируют передачу транзакта-пакета по ВС.

Сначала в блоке 22 согласно таблице маршрутизации выбирается канал связи для передачи транзакта-пакета следующему К2 маршрута.

Затем в блоке 23 проверяется исправность этого канала, то есть возможность передачи по нему. При отсутствии такой возможности передача не производится до тех пор, пока работоспособность канала не будет восстановлена.

Если канал связи работоспособен, транзакт-пакет последовательно проходит блоки 24 и 25. Первый из них имитирует передачу по каналу связи, а второй – прием на К2-транзитном. Здесь же анализируется емкость входного буфера К2-транзитного. Если буфер заполнен, то транзакт-пакет теряется.

Однако К2-транзитный может оказаться К2-получателем. Проверка этого производится в блоке 26. Если К2-транзитный не К2-получатель, то транзакт-пакет передается в блок 22 и процесс имитации передачи к следующему К2 маршрута повторяется.

Если же К2-транзитный окажется К2-получателем, то транзакт-пакет передается сначала в блок 27, имитирующий его прием на К2-получателе, а затем в блок 28 для передачи по ЛВС К1-получателю, то есть в блок 9.

Блок 29 имитирует выход из строя каналов связи. Принято, что интервалы времени между отказами и время восстановления канала связи распределены по экспоненциальному

закону. При функционировании абонентской сети в дуплексном режиме возможна имитация одновременного выхода из строя и восстановления прямого и обратного каналов, а также неодновременный отказ и восстановление работоспособности прямого и обратного каналов. Транзакт-пакет, находящийся в канале в момент выхода его из строя, теряется.

Блок 30 задает время моделирования, обрабатывает накопленные статистические данные для получения результатов моделирования.

В табл. 1 приводятся показатели качества обслуживания трех вариантов построения одной и той же сети, полученные по результатам трех экспериментов (дисперсионного анализа). Каждый эксперимент состоит из трех наблюдений. В наблюдениях 2, 3 и 4 увеличивались в 2, 3 и 4 раза соответственно значения следующих пяти факторов:

- средние интервалы времени поступления запросов на передачу сообщений всех видов от всех источников;
- средние интервалы времени между отказами (выходом из строя) элементов сети;
- среднее время восстановления элементов сети;
- средние длины сообщений всех видов от всех источников;
- длины линий связи между узлами сети.

Полученное по разработанной методике среднее время передачи сообщений (табл. 1) больше, чем время кратчайших маршрутов по методу Дейкстры или Флойда. Меньше будет соответственно и вероятность пропускной способности сети. Причиной этому является то, что время передачи сообщений по кратчайшим маршрутам определялось в статике, без учета многих других характеристик сети и протекающего в ней случайного процесса передачи сообщений. Следовательно, данная методика позволяет получить более адекватную оценку качества обслуживания сети.

Таблица 1

№ эксперимента	№ наблюдения	$P_{пр}$	$t_{ср}$	$P_{пот}$
1	1	0,915	65,730	0,850
	2	0,876	65,125	0,124
	3	0,842	124,467	0,158
	4	0,813	185,339	0,187
2	1	0,918	24,299	0,820
	2	0,845	62,881	0,155
	3	0,763	120,088	0,237
	4	0,701	168,716	0,299
3	1	0,899	21,004	0,101
	2	0,824	29,445	0,176
	3	0,781	40,822	0,219
	4	0,727	42,057	0,273

Выводы

Методика на основе динамической имитационной модели функционирования сети обмена информацией позволяет более адекватно оценить показатели качества обслуживания сети по сравнению с методиками, использующими статические модели.

Литература

4. **Боев В. Д.** Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: Учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. 368 с.
5. **Боев В. Д., Сыпченко Р. П.** Компьютерное моделирование. Элементы теории и практики: Учеб. пособие. СПб.: ВАС, 2009. 432 с.