

И.П. ГАМАЮН, д-р техн. наук, НТУ "ХПИ",
Т.А. КОВАЛЬ, НТУ "ХПИ"

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО ДУПЛЕКСНОМУ КАНАЛУ СВЯЗИ

Запропоновано імітаційну модель процесу передачі інформації по дуплексному каналу зв'язку на основі системи GPSS (General Purpose Simulation System). Модель достатньо адекватно відзеркалює особливості процесу і дозволяє отримати значення показників його якості.

It is offered the simulation model of the process of an information communication on the duplex circuit based on the system GPSS (General Purpose Simulation System). The model adequately enough maps features of the process and allows to receive values of activities of its quality.

Постановка проблеми. Увеличение объема информации, обусловленное необходимостью принятия обоснованных решений органами управления сложными системами, жесткие ограничения на скорость передачи информации предопределяют постановку задач эффективного функционирования каналов передачи информации. Одним из методов изучения процессов передачи информации по каналам связи является метод имитационного моделирования. Этот метод позволяет на основе проведения машинных экспериментов получить статистики моделирования, обработка которых приводит к значениям показателей качества исследуемого процесса. Структурные и параметрические изменения исследуемого процесса выполняются так, чтобы получить наилучшие значения показателей качества.

Одной из проблем, связанной с реализацией метода имитационного моделирования, является выбор системы моделирования и создание на ее основе имитационной модели, адекватно отражающей структурные и параметрические свойства изучаемого процесса и их изменения.

Анализ литературы. Метод имитационного моделирования достаточно хорошо изучен и широко используется для изучения особенностей функционирования сложных систем [1 – 5]. Как правило, при выборе системы моделирования для разработки имитационной модели принимают во внимание такие свойства исследуемого процесса, как стохастичность, динамичность, дискретность, стационарность и др. [4]. Этот выбор не формализован, а его обоснованность в значительной мере зависит от опыта исследователя и его знаний.

Цель статьи заключается в обосновании выбора системы GPSS для разработки имитационной модели процесса передачи информации по дуплексному каналу связи, которая позволяла бы получать различные оценки показателей качества процесса при структурных и параметрических изменениях в нем.

Имитационное моделирование процесса передачи информации по дуплексному каналу связи. Предполагается, что в системе передачи данных производится обмен пакетами между пунктами A и B по дуплексному каналу связи. Пакеты поступают в пункты системы от абонентов двух категорий – первой и второй, потоки пакетов – пуассоновские с параметрами λ_1 и λ_2 , соответственно. Передача пакета занимает T_1 мс. В пунктах есть буферные регистры, которые могут одновременно хранить не более двух пакетов. В случае прихода пакета в момент занятости регистров пунктам системы предоставляется выход на вспомогательную полудуплексную линию связи, которая осуществляет передачу пакетов за T_2 мс. В случае занятости вспомогательной линии пакет получает отказ и уничтожается. Прибыль от передачи пакета первой категории – S_1 единиц стоимости, пакета второй категории – S_2 единиц стоимости. Штраф за отказ передачи пакета первой категории – S_3 единиц стоимости, пакета второй категории – S_4 единиц стоимости. Аренда вспомогательной линии связи составляет S_5 единиц стоимости за одну миллисекунду. Каналы связи имеют конечную надежность. Интервалы времени T_3 и T_5 между отказами каналов связи случайные. Длительности восстановления T_4 и T_6 каналов связи случайные.

Исходя из свойств исследуемого процесса, определить математическую схему (аппарат), которую необходимо исследовать для разработки имитационной модели.

Анализ исследуемого процесса показывает, что подходящей математической схемой для его описания является система массового обслуживания (Q-схема). Под системой массового обслуживания (СМО) понимают динамическую систему, предназначенную для эффективного обслуживания случайного потока заявок при ограниченных ресурсах системы.

Для задания СМО необходимо описать: входящий поток заявок; дисциплину постановки в очередь и выбор из нее; правило, по которому осуществляется обслуживание; выходящий поток заявок; режим работы.

Поступающие на вход СМО однородные заявки в зависимости от порождающей причины делятся на типы, различающиеся по интенсивности потока заявок – λ_i . Совокупность заявок всех типов – входящий поток СМО. Рассмотрим пуассоновский (простейший) поток заявок. Для этого потока число заявок k для любого интервала времени распределено по закону Пуассона:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, \quad k \geq 0, \quad t \geq 0,$$

где λ – интенсивность потока заявок (число заявок за единицу времени).

На практике обоснованием того, что входящий поток заявок имеет распределение Пуассона, является то, что заявки поступают от большого числа независимых источников за определенный интервал времени.

Дисциплины постановки в очередь и выбора из нее определяют порядок постановки заявок в очередь, если заняты устройства обслуживания, и порядок выбора из очереди, если освобождается обслуживающее устройство. Используем простейшую дисциплину, которая допускает постановку в очередь в порядке поступления заявок. Такую дисциплину называют "раньше поступил – раньше обслужился" (FIFO). Используются также два буферных регистра для организации очередей пакетов, если первый канал занят. Для второго канала буферный регистр не используется.

Правила обслуживания характеризуются длительностью обслуживания и количеством заявок, обслуживаемых одновременно. Длительности обслуживания каждым каналом – случайные величины, равномерно распределенные на интервалах, определенных с помощью параметров T_1 и T_2 . Предусматривается наличие двух каналов: дуплексный (позволяет одновременно обслуживать две заявки) и полудуплексный (позволяет обслуживать только одну заявку).

Выходящий поток – это поток заявок, которые покидают систему, причем заявки могут быть как обслуженные, так и не обслуженные. В данной СМО выходящий поток заявок состоит из потока заявок, обслуженных первым каналом, потока заявок, обслуженных вторым каналом и потока заявок, получивших отказ.

Режим работы. Устройства обслуживания время от времени могут выходить из строя. Интервалы времени между отказами каждого обслуживающего устройства – случайные величины, распределенные по экспоненциальному закону со средними значениями T_4 и T_5 соответственно. Длительности восстановления работы обслуживающих устройств – случайные величины, распределенные по экспоненциальному закону со средними значениями T_4 и T_6 соответственно.

Исходя из описанной СМО, на рис. 1 представлена структура модели – Q -схемы.

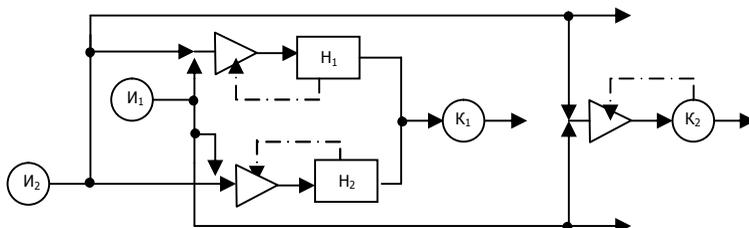


Рис. 1. Структура модели, представленная в виде Q -схемы

В качестве элементов структуры Q -схемы рассмотрены элементы трех типов: И – источники, Н – накопители, К – каналы обслуживания заявок.

Кроме связей, отображающих движение заявок в Q -схеме (сплошные линии), можно говорить о различных управляющих связях. Примером таких связей являются различные блокировки обслуживающих каналов (блокировка по входу означает, что канал отключается от входного потока заявок):

"клапаны" изображены в виде треугольников, а управляющие связи – пунктирными линиями.

На основе концептуальной модели системы разрабатывается логическая схема моделирующего алгоритма. Логическая схема (см. рис. 2 и 3) представляет собой упорядоченную во времени последовательность логических действий, связанных с решением задачи моделирования.

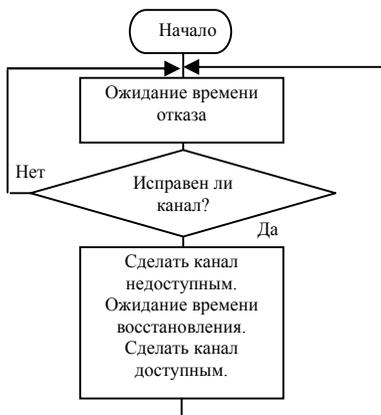


Рис. 2. Логическая схема моделирующего алгоритма отказов

На основе логической схемы разрабатывается схема программы, которая отображает порядок программной реализации моделирующего алгоритма с использованием конкретного программного обеспечения. Различие между этими схемами заключается в том, что логическая схема отражает логическую структуру модели процесса функционирования системы, а схема программы – логику машинной реализации модели с использованием конкретных программно-технических средств моделирования.

Большое значение при реализации модели на ЭВМ имеет вопрос правильного выбора языка программирования. Язык программирования должен отражать внутреннюю структуру понятий при описании широкого круга понятий. Высокий уровень языка моделирования (ЯМ) значительно упрощает программирование моделей. Основными моментами при выборе ЯМ является: проблемная ориентация; возможности сбора, обработки, вывода результатов; быстродействие; простота отладки; доступность восприятия.

Этими свойствами обладают процедурные языки высокого уровня. Для моделирования могут быть использованы языки имитационного моделирования (ЯИМ) и общего назначения (ЯОМ).

Более удобными являются ЯИМ. Они обеспечивают: удобство программирования модели системы и проблемную ориентацию. Однако ЯИМ также имеют и недостатки: неэффективность рабочих программ; сложность отладки; недостаток документации.

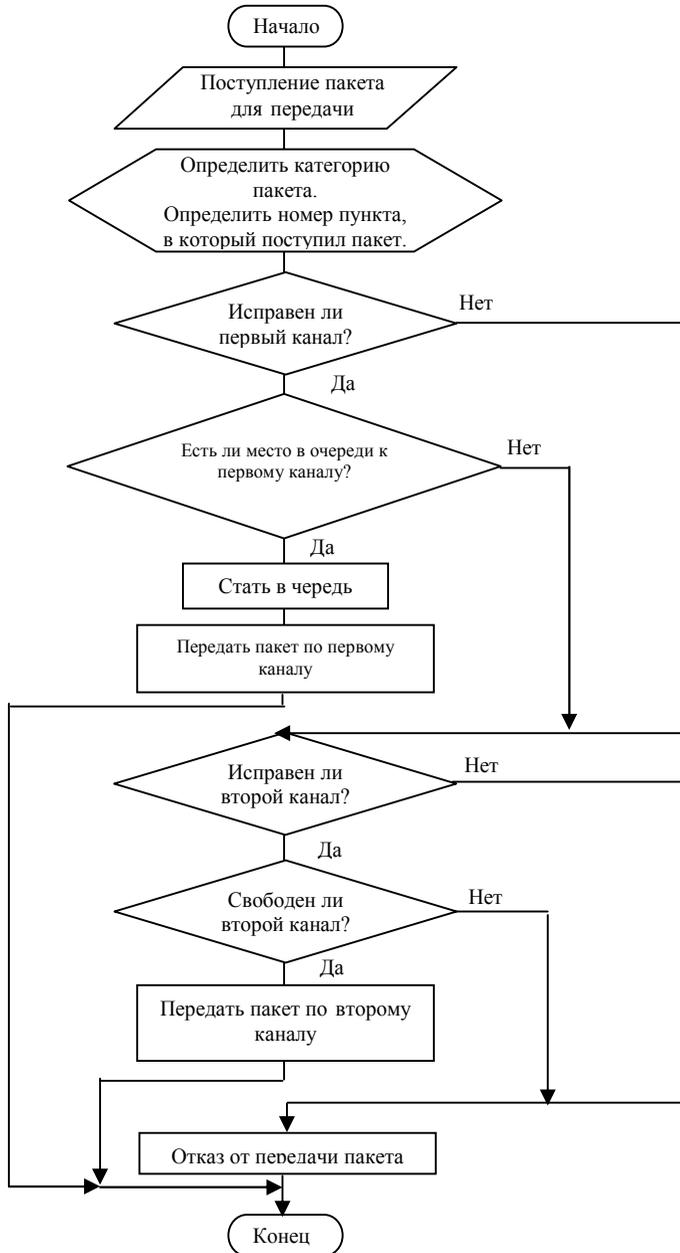


Рис. 3. Логическая схема моделирующего алгоритма системы

ЯИМ обладают некоторыми программными свойствами и понятиями, которые не встречаются в ЯОН. К ним относятся: совмещение (параллельно протекающие в реальных системах процессы представляются с помощью последовательно работающей ЭВМ, ЯИМ позволяют обойти эту трудность путём введения понятий системного времени); размер (ЯИМ используют динамическое распределение памяти; эффективность моделирования достигается так же использованием блочных конструкций: блоков, подблоков и т.д); изменения (ЯИМ предусматривают обработку списков, отражающих изменения состояний процесса функционирования моделируемой системы на системном уровне); взаимосвязь (для отражения большого количества связей между компонентами модели в статике и динамике ЯИМ включает системно организованные логические возможности и реализации теории множеств); стохастичность (ЯИМ используют специальные программные генерации последовательностей случайных чисел, программы преобразования в соответствующие законы распределения); анализ (ЯИМ предусматривают системные способы статистической обработки и анализа результатов моделирования). Наиболее известными языками моделирования являются SIMULA, SIMSCRIPT, GPSS, CSL. Язык GPSS является наиболее удобным для решения поставленной задачи. Однако, следует помнить, что он негибок, требует большого объёма памяти и затрат машинного времени для счёта.

Система GPSS World, разработанная компанией Minuteman Software (США), – это мощная среда компьютерного моделирования общего назначения, основанная на оригинальном языке компьютерного моделирования GPSS. Динамические объекты в языке GPSS называются транзактами и представляют собой элементы потока. Функцию каждого из них можно представить как движение через модель с поочерёдным воздействием на её блоки. GPSS World разработана для оперативного получения достоверных результатов с наименьшими усилиями. В соответствии с этими целями в GPSS World хорошо проработана визуализация процесса моделирования, а также встроены элементы статистической обработки данных. Таким образом, схемы программы (см. рис. 4 и 5) разработаны уже с точки зрения выбранного языка моделирования – GPSS.

В результате прогона модели описанной системы передачи информации получены статистические характеристики обслуживающих устройств (количество пакетов, переданных по дуплексу, коэффициент загрузки дуплекса, количество пакетов, переданных по полудуплексу, коэффициент загрузки полудуплекса, среднее время обработки одного пакета полудуплексом и др.), очередей (максимальная длина очереди, количество пакетов, становившихся в очередь ожидания, средняя длина очереди, среднее время пребывания пакета в очереди и др.) и графики изменения свойств объектов системы моделирования в модельном времени.

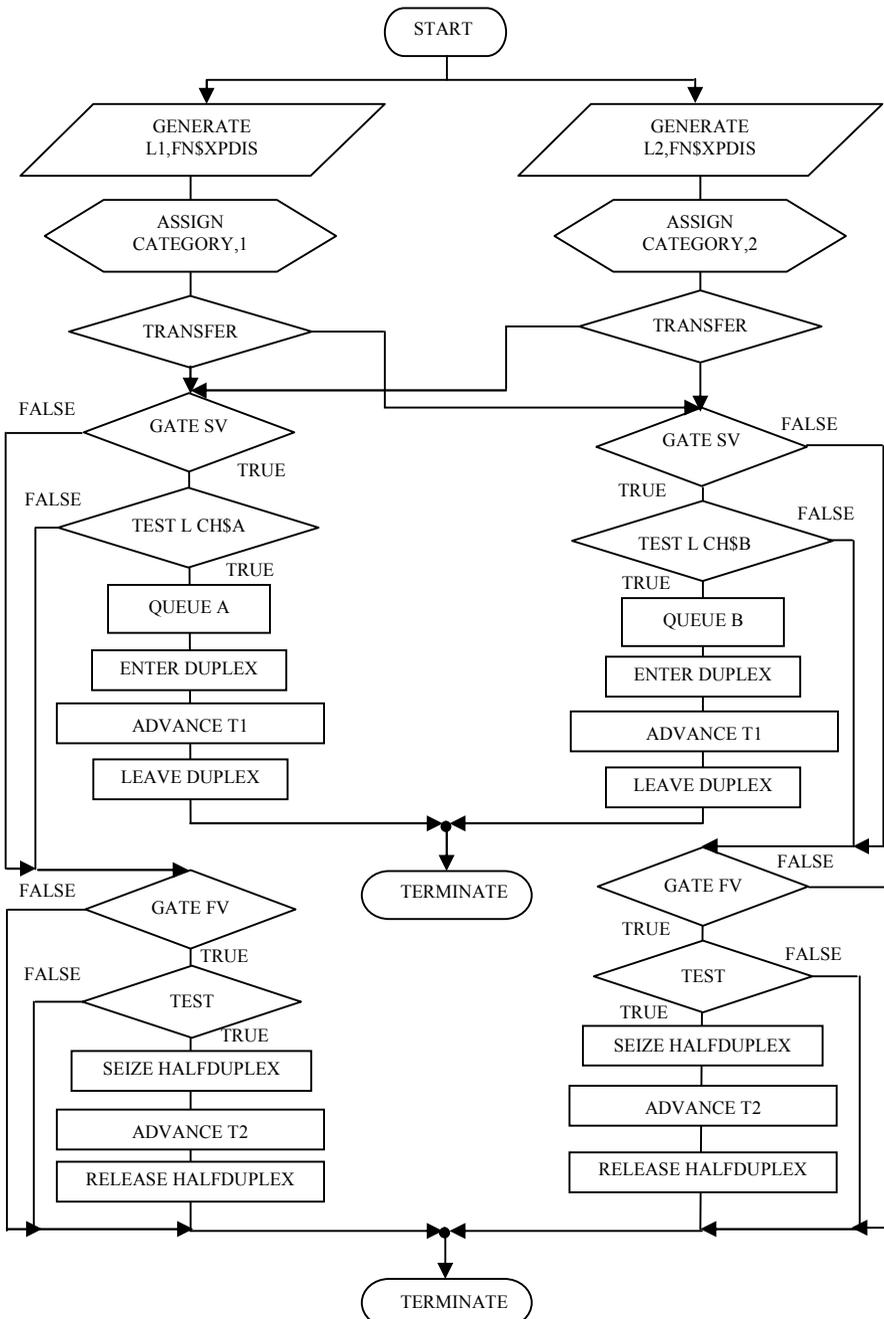


Рис. 4. Схема программы

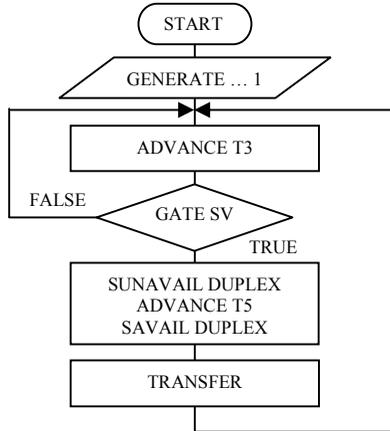


Рис. 5. Схема подпрограммы

Созданная программная реализация имитационной модели процесса передачи информации по дуплексному каналу связи позволяет проводить эксперименты по определению максимальной эффективности при варьировании параметров сети и эксперименты, отображающие влияние факторов на эффективность работы сети. Модель позволяет проводить эксперименты, проведение которых в реальности требовало бы финансовых затрат, или те эксперименты, которые могли бы привести к аварийной перегрузке сети передачи информации. Следующим этапом разработки программной реализации имитационной модели может стать реинжиниринг уже созданного варианта. Для этого необходимо учесть наличие в реальной сети вспомогательных устройств и возможность их отказов.

Выводы. Основным результатом данной работы является обоснование выбора системы GPSS для разработки имитационной модели процесса передачи информации по дуплексному каналу связи и практическое использование этой модели для расчета показателей эффективности реализации процесса при его различных структурных и параметрических характеристиках.

Список литературы: 1. Барышников Ю.А. Моделирование. Конспект лекций. – Х.: НТУ "ХПИ", 2005. 2. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов. – М.: Академия Айти, 2005. 3. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS. – М.: Бестселлер, 2003. 4. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 1985. 5. Общецелевая система моделирования GPSS World – <http://www.exponenta.ru/soft/Others/gpss/>, 03.11.2006. 6. Моделирование систем и сетей связи на GPSS // <http://www.radioland.net.ua/contentid-160-page1.html>.

Поступила в редакцию 01.10.2007