

## ИМИТАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ (ИМФУС-Л1) – СЕТЕВОЙ ПАКЕТНЫЙ СИМУЛЯТОР

Г.М. Антонова (ИПУ РАН)

Представлена одна из замечательных разработок ИПУ РАН, выполненная совместно с институтами Министерства обороны и использованная не только по прямому назначению, но и для обучения студентов МАИ и специалистов космической отрасли СССР. Это один из первых пакетов прикладных программ, реализующих сетевой пакетный симулятор, предназначенный для оценки характеристик распределенной системы сбора и обработки данных (РСОИ) [1].

Ключевые слова: сетевой пакетный симулятор, тренажер, сети передачи данных, сетевое оборудование.

### Введение

Программы-тренажеры широко используются не первое десятилетие для обучения специалистов, разработки правил поведения в критических ситуациях, выбора алгоритмов функционирования отдельных элементов и т.п. В связи с повсеместным использованием сетей передачи данных программы, имитирующие работу сетей телекоммуникации, сегодня разрабатываются многими фирмами, производящими сетевое оборудование.

Помимо обучения, сетевые пакетные симуляторы позволяют оценить характеристики сети в условиях помех, отказов оборудования или после восстановления элементов оборудования сети и возврата сети в рабочее состояние. Они помогают выбрать оптимальный набор оборудования сети и т.д. Наибольший интерес представляют такие характеристики сети, как коэффициент готовности, полоса пропускания, среднее время передачи сообщения или пакета, вариации задержки, вероятность потери сообщения или пакета и др. Как проектирование, так и прогнозирование качества функционирования сетей в условиях больших нагрузок опираются на результаты имитационного моделирования.

В наши дни на рынке представлен целый ряд сетевых симуляторов известных разработчиков с различной функциональностью, среди которых NS-2, NS-3, Cisco Packet Tracer, NetSim, Симулятор OMNeT++ (Objective Modular Network Testbed in C++) и др. [2, 3].

Симулятор «Имитация функционирования» (ИМФУС Л1) стал предшественником всех этих известных сегодня разработок. ИМФУС Л1 разрабатывался совместно специалистами ИПУ РАН и институтов Министерства обороны. В создании симулятора участвовали сотрудники ИПУ РАН А.Д. Цвиркун, В.А. Филиппов, А.В. Карибский, Ю.Р. Шишорин, В.К. Акинфиев, А.В. Габалин, Н.А. Лукин, Т.С. Островская и др.

Эта разработка плохо освещена в печати, хотя и представляет собой один из первых пакетов прикладных программ, реализующих сетевой пакетный симулятор, предназначенный для оценки характеристик распределенной системы сбора и обработки данных (РСОИ).

### Состав распределенной системы сбора и обработки данных

РСОИ используется для сбора информации во время испытаний или эксплуатации сложных технических изделий [1]. Информация накапливается и передается для обработки и хранения через сеть,

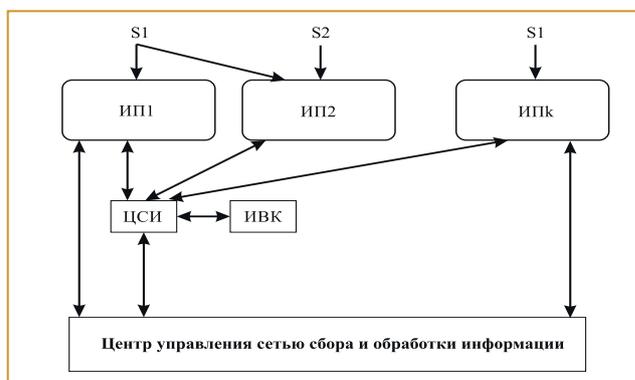


Рис. 1. Структура РСОИ, где S1, S2, ..., S1 - источники информации обозначены, ИП - измерительные пункты, ЦСИ - центр сбора информации и управления сетью сбора и обработки информации

содержащую набор специализированных устройств. Специальные пункты для сбора и обработки информации размещаются на значительной территории и на большом расстоянии друг от друга. Для первичной и вторичной обработки собранных данных сеть включает информационно-измерительные и вычислительные комплексы. Принцип централизованного управления обеспечивает правильное функционирование аппаратного комплекса в целом.

На рис. 1 представлена типовая структура РСОИ. Измерительные пункты оснащены приемно-регистрирующими станциями различных типов для фиксации разнообразной информации и устройствами согласования. Они могут содержать локальный информационно-вычислительный комплекс (ИВК), выполняющий начальную обработку информации, и аппаратуру для передачи информации по телефонному каналу связи в ЦСИ.

Центр сбора информации выполняет опрос и адресацию информационных потоков, поступающих от измерительных пунктов, и управляет процессом сбора информации. Подобно измерительным пунктам он включает устройства согласования, оборудование передачи данных для получения информации по телефонному каналу связи и собственный информационно-вычислительный комплекс.

Центр управления сетью сбора и обработки информации содержит высокопроизводительный многопроцессорный вычислительный комплекс. Этот комплекс выполняет вторичную обработку собранной информации, анализ, моделирование, прогнозирование и формирование команд управления.

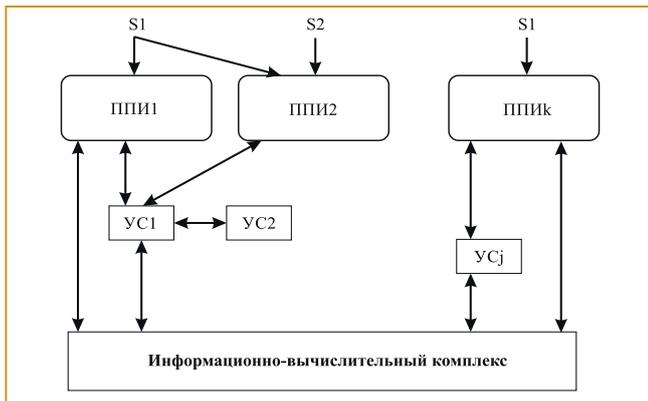


Рис. 2. Структура РСОИ ИМФУС Л1

В пакете прикладных программ ИМФУС Л1 реализована упрощенная схема РСОИ (рис. 2). Основным элементом системы для надлежащего выполнения ее функций в процессе сбора информации из различных источников является сеть пунктов приема информации (ППИ). Они должны собирать информацию со всей территории, на которой тестируемое устройство выполняет свои функции. Получаемая информация очень разнообразна по форме, поэтому приемно-регистрационные станции должны иметь широкий спектр функций и различные типы конструкции [1].

Передача информации на ИВК ведется через узлы связи (УС). Сеть надежных каналов связи также является необходимым элементом распределенной системы сбора и обработки информации. Она соединяет пункты приема информации с пунктами управления и с ИВК, осуществляющим обработку различной информации, поступающей из различных источников.

В состав пакета прикладных программ РСОИ включены имитационные модели следующих функциональных блоков: передающие устройства, приемные устройства, узлы связи (формируют и направляют потоки информации); каналы связи (соединяют пункты приема информации с узлами связи и специальными согласующими устройствами). Модули, имитирующие низкоскоростные каналы, необходимы для имитации соединения между ППИ и ИВК, а модули, имитирующие высокоскоростные каналы, необходимы для имитации соединения между ППИ и УС или УС и ИВК.

#### Выбор языка программирования

В результате анализа языков программирования для разработки сетевого пакетного симулятора был выбран GPSS-Fortran. Во время создания симулятора применялись разнообразные технологии разработки систем программирования и интенсивно формировались новые языки программирования. Язык GPSS-Fortran обладал несколькими важными преимуществами по сравнению с другими языками моделирования.

Во-первых, он позволял реализовать технологию быстрого программирования с использованием стандартных элементов языка: разнообразные стандартные

функции; средства сбора статистики моделирования; средства оформления результатов моделирования и др.

Во-вторых, объединение в систему моделирования универсального языка Fortran и специализированного языка GPSS для имитации систем массового обслуживания позволило расширить спектр ситуаций, которые не могли быть промоделированы непосредственно средствами языка GPSS. Язык Fortran увеличил возможности обработки данных и расширил набор процедур для ввода данных и вывода результатов моделирования.

В-третьих, он позволил подключить процедуры автоматизации имитационных экспериментов за счет использования средств задания начальных значений для переменных и средств организации серии повторных экспериментов.

Система программирования GPSS-Fortran объединила два языка и помогла построить более широкий класс моделей, для которых часть вычислений и логических преобразований выполняется средствами языка Fortran, предназначенного для работы с универсальными численными процедурами. В результате повысилась сложность расчетов для оценки целевых функций, а модели были проанализированы с большей полнотой.

Язык GPSS как система программирования интерпретирующего типа имитирует работу системы последовательно во времени. В GPSS-Fortran оператор help позволил реализовать модульную структуру пакета программ путем подключения предварительно оттранслированных программ, реализующих дополнительные функции.

#### Заключение. Применение ИМФУС-Л1

Сетевой пакетный симулятор предназначен в первую очередь для решения оптимизационных задач в процессе создания технической структуры распределенной системы сбора и обработки информации, для обеспечения качественного и эффективного управления системой в целом.

Симулятор ИМФУС-Л1 успешно внедрен, прошел процедуры доработок и тиражирования, эксплуатировался в удаленном режиме с использованием волоконно-оптического канала связи, что было новинкой для своего времени. Эта разработка внесла значимый вклад и в область новых исследований, и в процесс обучения специалистов, которые успешно работают с прототипом имитационной модели по настоящее время.

#### Список литературы

1. Антонова Г.М., Бовкун В.А. Моделирование распределенной системы сбора и обработки информации в АСУ КЛА. М.: МАИ. 1992.
2. K. Wehrle, M. Gunes and J.Gross. Modeling and Tools for Network Simulation, Heidelberg, Springer, 2010.
3. Ахмедзянова Р.Р. Обзор существующих средств виртуализации, пригодных для симуляции сетевого оборудования // Наука и образование: новое время. 2017. № 4.

Антонова Галина Михайловна — д-р техн. наук, проф., ведущий научный сотрудник ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН.  
E-mail: gmant@ipu.ru