

УДК 681.324

КОМПЛЕКС ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

В.И. Вишневский

НИИ Автоматической аппаратуры

Рассматривается функциональный состав комплекса имитационного моделирования, позволяющего строить имитационные модели проектируемых или модернизируемых телекоммуникационных сетей.

Имитационное моделирование в широком смысле определяет методологию исследований, в основу которой положен способ имитации реальных процессов и явлений [1,2,3]. В результате имитационного моделирования можно получить выборки данных, анализ которых средствами математической статистики аналогичен анализу реальных выборок [3]. При этом, при проведении имитационного эксперимента возможна подмена процесса смены событий в исследуемой системе в реальном масштабе времени на ускоренный процесс смены событий в темпе работы программы. В результате за несколько минут можно воспроизвести работу сети в течение нескольких дней, что дает возможность оценить работу сети в широком диапазоне варьируемых параметров. Таким образом, имитационное моделирование предоставляет исследователю следующие возможности [4]:

- имитации работы сложных систем с учетом множества случайных факторов;
- проведения экспериментов при ограниченных временных и стоимостных ресурсах;
- проведения экспериментов в широком диапазоне изменения параметров системы и внешней среды;
- детального наблюдения за поведением моделируемой системы.

В общем случае телекоммуникационная сеть может быть рассмотрена как система массового обслуживания, и модели-

рование процесса передачи пакетов может быть осуществлено средствами универсальных систем имитационного моделирования систем массового обслуживания [5]. В настоящее время существуют программные продукты, реализующие универсальные средства имитационного моделирования систем массового обслуживания, наиболее известными из которых являются следующие продукты:

- GPSS компании Minuteman Software;
- Arena компании Systems Modeling Corporation;
- Extend компании Imagine That.

Основными недостатками этих программных средств является ограниченность входного языка и отсутствие специализированной библиотеки моделей стандартных сетевых устройств, что делает описание функционирования телекоммуникационных сетей при помощи средств моделирования систем массового обслуживания сложной задачей.

Это привело к появлению специализированного инструментария для моделирования телекоммуникационных сетей. В табл. 1 перечислены наиболее известные комплексы имитационного моделирования телекоммуникационных сетей и их краткое описание, а так же представлены такие их характеристики как стоимость и применимость для различных видов сетей.

В.И. Вишневский
КОМПЛЕКС МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Таблица 1

Характеристики систем имитационного моделирования телекоммуникационных сетей

| Компания и продукт | Стоимость (долл) | Тип сети | Примечания |
|--|------------------|----------|---|
| American NYTech Prophecy | 1495 | ЛС | Оценка производительности при работе с текстовыми и графическими данными по отдельным сегментам и сети в целом |
| CACI Product COMNET III | 34500-39500 | ЛС, ГС | Моделирование сетей X.25, ATM, Frame Relay, сетей LAN-WAN, SNA, DECnet, протоколы OSPF, RIP. Доступ CSMA/CD и маркерный доступ, FDDI и др. Встроенная библиотека моделей сетевого оборудования 3COM, Cisco, DEC, HP, Wellfleet и т.п. |
| Make System NetMaker XA | 6995-14995 | ЛС, ГС | Возможность проверки топологии сети. Возможность импорта информации о трафике, получаемой в реальном времени |
| Network Analysis Center MIND | 9400-70000 | ГС | Наличие средств проектирования, оптимизации сети. Наличие данных о стоимости типичных конфигураций с возможностью точного оценивания производительности |
| Network Design and Analysis Group AutoNet/ Designer | 25000 | ГС | Определение оптимального расположения коммутационного оборудования в ГС, возможность оценки экономии средств за счет снижения тарифной платы, смены поставщика услуг и обновления оборудования. Сравнение вариантов подключения к ГС |
| Network Design and Analysis Group AutoNet/ MeshNET | 30000 | ГС | Моделирование полосы пропускания и оптимизация расходов на организацию ГС. Имитация поврежденных линий |
| Network Design and Analysis Group AutoNet/ Performance-1 | 4000 | ГС | Моделирование производительности иерархических сетей путем анализа чувствительности к длительности задержки, времени ответа, а также узких мест в структуре сети |
| Network Design and Analysis Group AutoNet/ Performance-3 | 6000 | ГС | Моделирование производительности многопротокольных объединений локальных и глобальных сетей. Оценка задержек в очередях, прогнозирование времени ответа, а также определение узких мест в структуре сети. Учет реальных данных о трафике, поступающих от сетевых анализаторов |
| System& Networks BONES | 20000-40000 | ЛС, ГС | Анализ воздействия приложений клиент-сервер и новых технологий на работу сети |
| Opnet IT Guru Network Planner | 9000-24000 | ЛС, ГС | Наличие библиотеки сетевых устройств практически всех ведущих производителей. Поддержка анимации |
| Opnet Modeler | 16000-40000 | ЛС, ГС | Наличие библиотеки различных сетевых устройств. Наличие возможности расширения библиотеки устройств. Поддержка анимации. Возможность генерации карты сети и моделирования полосы пропускания |

Примечание. ЛС – локальные сети, ГС – глобальные сети

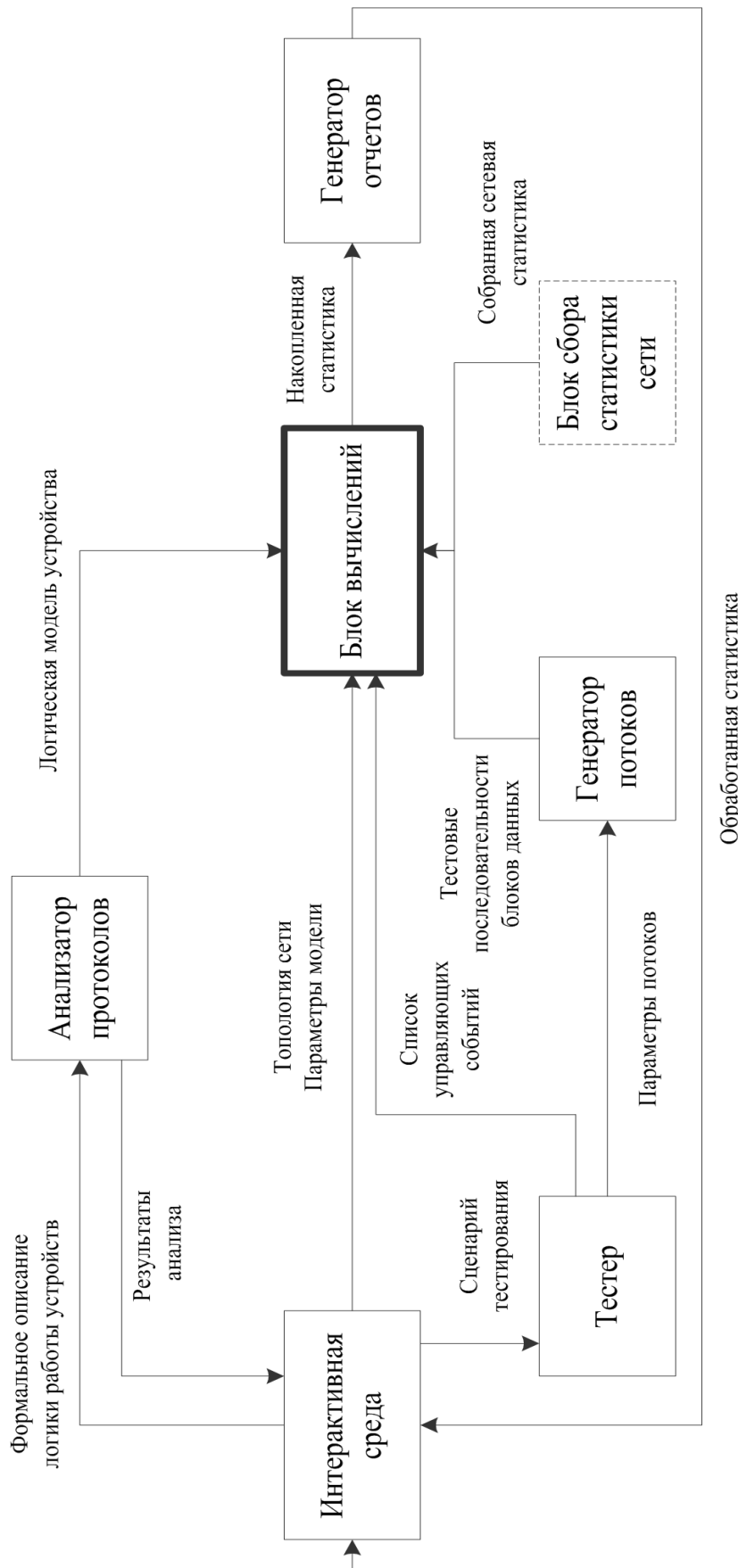


Рис. 1. Технологическая схема взаимодействия компонентов комплекса имитационного моделирования

Из перечисленных в таблице комплексов моделирования, с точки зрения функционального объема, наиболее приемлемыми являются следующие комплексы:

- Opnet IT Guru Network Planner;
- Opnet Modeler;
- SACS Product COMNET III.

В комплект поставки комплекса Opnet IT Guru Network Planner входит библиотека моделей стандартных сетевых устройств практически всех известных производителей, но возможности расширения библиотеки устройств за счет привнесения новых или модификации существующих данный комплекс не предоставляет. Этот недостаток не является критичным при анализе сетей, построенных на стандартных сетевых устройствах и работающих в соответствии со стандартными протоколами передачи данных. Однако при проектировании специальных сетей, использующих в своей работе специальные устройства и протоколы, данный комплекс не применим.

Комплексы моделирования телекоммуникационных сетей Opnet Modeler и SACS Product COMNET III обеспечивают модификацию библиотеки моделей сетевых устройств. Для этой цели в составе комплексов имеются специальные средства, позволяющие описывать логику функционирования сетевых устройств. Данные комплексы используются компаниями, занимающими ведущее место в области телекоммуникационных услуг и разработки сетевого оборудования и имеющими возможность покупать дорогостоящий инструментарий.

Даже наиболее функционально полные пакеты средств моделирования имеют недостаточный уровень формализации описаний протоколов, не позволяющий переносить реализации на реальную сеть, а также не имеют в своем составе средств формального анализа и верификации протоколов. Кроме того, отсутствие исходных кодов программ рассмотренных пакетов не позволяет оценить корректность алгоритмов и механизмов моделирования, реализованных в этих пакетах. При использова-

нии этих пакетов проверка корректности модели возможна только путем сравнительного анализа результатов моделирования с результатами макетных испытаний или с результатами, полученными с помощью аналогичных средств моделирования.

Создание комплекса программных средств имитационного моделирования телекоммуникационных сетей, аналогичного лучшим зарубежным разработкам и лишенного их недостатков, включающего в себя средства формального анализа и верификации протоколов, а также построенного на базе открытой архитектуры, обеспечивающей возможность последующего наращивания его функциональности, позволило бы повысить эффективность проектирования сетей.

Комплекс имитационного моделирования телекоммуникационных сетей (КИМ ТС) должен предоставлять разработчику средства моделирования, как сетей построенных на стандартных устройствах, так и сетей, использующих специальные устройства. Для чего в состав комплекса должна входить библиотека моделей стандартных сетевых устройств с поддержкой функции добавления моделей специальных устройств. С этой целью комплекс должен предоставлять средства формального описания и верификации логики работы привносимых устройств. Так как применение методов анализа и верификации к сложным протокольным спецификациям представляет собой трудоемкий процесс, а перевод проверенных и корректных спецификаций «ручным» методом малоэффективен и вносит в код реализации ошибки, которые не могут быть обнаружены формальными методами, в состав комплекса так же должны входить средства, позволяющие получить реализацию протокола на базе формального описания. Средства сбора статистики сети позволили бы разработчику использовать статистическую информацию о работе конкретной сети для максимального приближения параметров моделирования к реальным условиям. Для

эффективного взаимодействия разработчика с предоставляемыми средствами разработки необходима интерактивная среда, обеспечивающая удобный пользовательский интерфейс.

На основе анализа существующих средств моделирования, а так же с учетом отечественной специфики разработки телекоммуникационных сетей, сформированы следующие основные требования к комплексу имитационного моделирования телекоммуникационных сетей:

- наличие библиотеки стандартных устройств;
- наличие библиотеки нестандартных устройств;
- возможность расширения библиотек стандартных и нестандартных устройств;
- наличие средств описания коммуникационных протоколов на формальном языке;
- наличие средств верификации коммуникационных протоколов;
- наличие средств перевода формального языка описания протоколов в конструкции языка программной реализации;
- поддержка функций анализаторов потоков для сбора статистики;
- наличие средств генерации отчетов;
- наличие дружественного пользовательского интерфейса.

Для обеспечения выполнения вышеуказанных требований программное обеспечение КИМ ТС должно состоять из следующих компонентов:

- блока вычислений;
- анализатора протоколов;
- генератора потоков;
- тестера;
- генератора отчетов;
- блока сбора статистики сети;
- интерактивной среды.

Технологическая схема взаимодействия компонентов комплекса имитационного моделирования представлена на рис. 1.

Блок вычислений должен осуществлять основные функции процесса моделирования:

- построения модели сети на основе

заданных параметров моделирования (логических моделей устройств, топологии сети и статистических характеристик);

- имитации функционирования сети на базе построенной модели при различной загруженности;

- накопления статистики функционирования модели сети.

Анализатор протоколов должен содержать функции по обработке описаний логики работы устройств. При этом для описания логики необходимо использовать язык формального описания протоколов [6,7]. Проблема выбора формального языка должна решаться на этапе реализации. Кроме того, анализатор протоколов должен иметь средства верификации коммуникационных протоколов и преобразования средств формального языка в конструкции языка программной реализации [7].

Генератор потоков должен осуществлять формирование тестовых последовательностей блоков данных для имитации пользовательского трафика реальной сети.

Тестер предназначен для управления моделированием на основе сценариев тестирования с целью автоматизации процесса тестирования [7].

Генератор отчетов должен осуществлять обработку статистической информации, накопленной в процессе моделирования, и вывод ее в удобной для пользователя форме.

Интерактивная среда должна предоставлять пользователю удобный графический интерфейс для ввода и редактирования параметров моделирования и отображения результатов моделирования.

Компонент сбора сетевой статистики предназначен для использования при проведении моделирования существующей сети с целью улучшения ее характеристик.

Процесс моделирования телекоммуникационной сети при помощи КИМ ТС должен включать в себя следующие этапы [3]:

- построение имитационной модели сети;
- проведение экспериментальных ис-

следований на модели в соответствии с решаемыми задачами;

- оценку и анализ экспериментальных данных, полученных в ходе имитационного моделирования;

- принятие решения о возможности применения полученных результатов для выработки рекомендаций.

Построение имитационной модели осуществляется на основе формализованного описания топологии, сетевых устройств и сетевого протокола. Ввод данных, необходимых для формализованного описания, осуществляется посредством интерактивной среды. При построении модели существующей сети могут быть использованы данные, собранные с использованием блока сбора статистики функционирования сети. На основе введенных данных анализатором протоколов формируются логические модели устройств сети.

Непосредственное построение модели сети осуществляется блоком вычислений.

Исследование работы сети производится путем изменения параметров сетевых устройств и объема информационных потоков на основе сценария, формируемого разработчиком посредством интерактивной среды.

Обработка статистики работы модели сети, накопленной в ходе моделирования, производится генератором отчетов, представляющим результаты в форме удобной для анализа и выработки рекомендаций.

Выводы

Разработка и реализация комплекса имитационного моделирования в представленном объеме является сложной и многоэтапной задачей. Поэтому при построении КИМ ТС целесообразно использовать модульную архитектуру, позволяющую поэтапную разработку средств и подключение новых функций без нарушения функциональности разработанных модулей.

Средства комплекса имитационного моделирования, минимального объема

(блок вычислений и библиотеки моделей устройств), разрабатываемые в настоящее время, предполагается использовать для моделирования сети X.25 с целью выработки рекомендаций по модификации программного обеспечения узлов коммутации для обеспечения возможности передачи речевого трафика через сеть X.25.

Литература

1. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование: Пер. с англ. - СПб. Питер, 2004. – 847 с.
2. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии – СПб. Корона принт, 2004. – 384 с.
3. Панченко В.М. Системный анализ. Метод имитационного моделирования. - М. МИРЭА, 2003. – 132 с.
4. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем управления. - Ленинград. Энергоиздат, 1982. – 288 с.
5. Столингс В. Современные компьютерные сети: Пер. с англ. - СПб. Питер, 2003. - 783 с.
6. Зайцев С.С. Описание и реализация протоколов сетей ЭВМ. - М. Наука, 1989. – 272 с.
7. Протоколы информационно-вычислительных сетей. Справочник. / Аничкин С.А. и др. - М. Радио и связь, 1990. - 504 с.

Контактная информация:
Вишневский Владимир Игоревич,
E-mail: v.i.vishnevsky@gmail.com.