

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

В. М. Гостев (Казань)

Сеть передачи данных (СПД) представляет собой аппаратно-программное ядро любой территориальной компьютерной сети (глобальной, региональной, корпоративной). Основу СПД образуют узлы коммутации (УК), соединяемые между собой магистральными каналами передачи данных (КПД). УК осуществляют управление процессами передачи потоков данных между абонентами СПД (локальными сетями, отдельными компьютерами) и реализуются обычно на базе высокопроизводительных многопротокольных маршрутизаторов. Магистральные КПД создаются на базе каналов цифровых систем связи.

Общая проблема оптимального проектирования СПД формулируется следующим образом.

Заданы: места возможного размещения УК; ожидаемая интенсивность трафика между УК; доступная номенклатура аппаратных средств (маршрутизаторы, каналоборудующая аппаратура и т.д.) и их характеристики; доступные каналы связи между возможными пунктами размещения УК и их характеристики.

Необходимо определить: количество УК СПД и места их размещения; тип маршрутизатора, размещаемого в каждом УК; топологию СПД (т.е. какие узлы коммутации будут непосредственно соединены каналами передачи данных из числа доступных); тип и параметры каждого КПД и аппаратуры, устанавливаемой на нем, определяющие его стоимостные характеристики и пропускную способность; маршруты передачи данных между узлами СПД.

В качестве основных критериев оценки проекта СПД используются: 1) стоимостные характеристики, включающие капитальные затраты на оборудование УК и КПД, а также подключение или прокладку линий связи, и эксплуатационные расходы (стоимость аренды каналов связи); интегральной характеристикой может служить приведенная стоимость; 2) ожидаемые временные характеристики передачи данных по сети – среднее и максимальное время задержки сообщений и пакетов в СПД, определяющее время реакции (обслуживания запросов абонентов).

Таким образом, проблема проектирования СПД является сложной многокритериальной проблемой, для которой характерны комплексный характер, противоречивость и плохая формализуемость совокупности требований, предъявляемых к СПД.

Для решения такой проблемы необходимы методы и средства проектирования, которые позволяли бы проводить оптимизацию проекта при учете (максимально возможном в реальных ситуациях) всех важнейших критериев оценки качества проектируемой сети, всех основных особенностей современных компьютерных сетей и требований, предъявляемых к ним (в том числе – многочисленных плохо формализуемых требований), которые давали бы возможность учитывать и использовать все особенности и условия реализации конкретного проекта. Все это неизбежно приводит к необходимости использования в процессе выработки проектных решений человеко-машинных технологий оптимизации проектирования.

Для реализации соответствующих технологий на основе концепции систем поддержки выработки решений [3] разработана архитектура системы оптимизации проектирования (СОПР) СПД. Определены структура и состав математического и программного обеспечения СОПР, включающие методы решения задач анализа и оптимизации проектирования СПД (как известные, так и специально разработанные).

Система позволяет решать задачи структурно-топологического и параметрического проектирования СПД, проводить расчеты и оценки параметров проектируемых сетей на основе использования их моделей, сравнение различных проектных решений и оценку их эффективности, оптимизацию проектных решений по критериям стоимости, надежности, производительности и величин временных задержек. Система обеспечивает проведение многоэтапного человеко-машинного проектирования с возможностью повторного выполнения отдельных этапов и задач с целью корректировки, уточнения и оптимизации ранее принятых проектных решений, а также реализацию различных по степени сложности методов проектирования [4].

Сложность проблемы проектирования СПД определяет и разнообразие используемых в СОПР подходов. В процессе формирования и анализа вариантов сетей применяются как аналитические, так и имитационные модели. На базе аналитических моделей построены следующие функциональные подсистемы СОПР: подсистема структурно-топологического проектирования, подсистема выбора маршрутов, подсистема выбора пропускных способностей УК и КПД.

Применение аналитических моделей позволяет относительно быстро сформировать полный вариант проекта СПД с использованием алгоритмов оптимизации различного уровня сложности. Однако скорость работы этих алгоритмов достигается, как правило, за счет ряда упрощающих предположений. В частности, предполагаются непрерывное распределение длин передаваемых сообщений (и, следовательно, непрерывное распределение времени обработки сообщений в УК и КПД), независимость длин сообщений, абсолютная надежность элементов СПД, независимость задержек пакетов во всех транзитных элементах маршрута [1]. Эти предположения снижают точность характеристик проекта. Оценить, находится ли эта точность в допустимых пределах, очертить границы области применения аналитических моделей, ввиду отсутствия действующей сети можно лишь с помощью имитационного моделирования [2]. Использование имитационных моделей требует существенно больших затрат времени для получения результатов, однако позволяет отказаться от упрощений и получить более точные оценки характеристик СПД по сравнению с аналитическими моделями.

Поэтому для обоснования и верификации разрабатываемых аналитических моделей элементов СПД, а также для оценки эффективности проектов СПД, разрабатываемых на основе аналитических моделей, в состав СОПР СПД включена дополнительная функциональная подсистема – подсистема оценки качества и эффективности функционирования (ОКЭФ) СПД.

Подсистема ОКЭФ позволяет оценить временные характеристики проектируемых СПД (в частности, средние и максимальные задержки пакетов), выявить «узкие места» того или иного варианта сети.

Выходные характеристики, получаемые в результате экспериментов с имитационной моделью, определяются, во-первых, принятым критерием оценки эффективности СПД, во-вторых, необходимостью получить достаточно полную информацию об основных характеристиках процессов обмена информацией в сети и о характеристиках основных элементов сети. Поэтому выходными характеристиками, получаемыми в результате имитационного эксперимента, являются среднее время задержки пакетов, стандартное отклонение от среднего времени задержки пакетов, функции распределения времени задержки пакетов, количество пакетов, обработанных каждым УК, количество пакетов, переданных по каждому КПД, средние длины очередей и средние значения времени ожидания в буферах перед процессорами в каждом УК, характеристики загрузки КПД и процессоров УК сети.

В СОПР имитационные модели СПД строятся автоматически с помощью специального генератора, входящего в состав подсистемы ОКЭФ. На вход генератора поступает описание варианта СПД, созданного проектировщиком на предыдущих этапах (структурно-топологическое проектирование, выбор маршрутов, выбор пропускных способностей УК и КПД). Отметим, что для работы на этих этапах СОПР обеспечивает проектировщику дружественный интерфейс, отвечающий современным требованиям (графическое отображение проектируемой сети в многооконном режиме, средства работы с вариантами проектируемой сети, средства поддержки технологий автоматического достраивания частичных решений, средства автоматического «улучшения» имеющихся решений и т.д.).

На основе анализа структуры варианта СПД генератор формирует модель на языке GPSS. В процессе автоматической генерации используются библиотеки, содержащие модели отдельных функциональных модулей узлов коммутации (процессоры, порты, буферы и т.д.) и каналов передачи данных. Полученная модель передается на вход интерпретатора GPSS.

По результатам имитационного эксперимента проектировщик может скорректировать вариант проекта СПД (изменить топологию, маршруты, пропускные способности УК и КПД, размеры пакетов), используя средства соответствующих подсистем, а затем повторить этап имитационного моделирования, используя средства подсистемы ОКЭФ.

В настоящее время СОПР СПД активно используется в учебном процессе факультета вычислительной математики и кибернетики Казанского государственного университета (специальность «Прикладная математика и информатика»; специализации «Исследование операций и системный анализ», «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин», «Системное программирование») [5]. В ходе самостоятельного выполнения исследовательских работ (курсовых, дипломных), связанных с анализом и проектированием компьютерных сетей, студенты, с одной стороны, углубляют и систематизируют свои знания в таких дисциплинах, как «Исследование операций», «Информационные компьютерные сети», «Проектирование СПД», с другой стороны – осваивают основные принципы, средства и технологии компьютерного моделирования.

Выводы

1. Реализация комбинированного подхода к моделированию в рамках СОПР позволяет **в рамках единого процесса** проектирования СПД использовать преимущества аналитических (на этапах формирования и корректировки проекта) и имитационных (на этапе оценки качества и эффективности полученного проекта) моделей.

2. Использование генератора имитационных моделей повышает эффективность процесса проектирования СПД, избавляя проектировщика от необходимости «ручного» программирования (в то же время, открытая архитектура СОПР позволяет проектировщику при необходимости выполнять корректировку текстов программ на GPSS в целях более точной настройки моделей).

3. Использование СОПР СПД в качестве технологической основы учебно-методического комплекса повышает заинтересованность студентов в изучении средств и методов имитационного моделирования, существенно повышает эффективность учебного процесса.

Литература

1. **Клейнрок Л.** Вычислительные системы с очередями. М.: Мир, 1979.
2. **Советов Б.Я., Яковлев С.А.** Построение сетей интегрального обслуживания. Л.: Машиностроение, 1990.
3. **Хабибуллин Р.Ф.** О концептуальных основах и архитектуре систем поддержки выработки решений//Исследования по информатике: Ин-т проблем информатики АН РТ. Казань, 1999. – С.121–144.
4. **Гостев В.М., Хабибуллин Р.Ф.** Технологии оптимизации проектирования сетей передачи данных территориальных компьютерных сетей // Исследования по информатике: Ин-т проблем информатики АН РТ. Казань, 1999. – С.157–174.
5. **Гостев В.М.** Система оптимизации проектирования сетей передачи данных как технологическая основа учебно-методического комплекса//Телематика – 2005: Труды XII Всеросс. науч.-методич. конф. (Санкт-Петербург, 6–9 июня 2005 г.). Том I. С-Пб., 2005. – С. 237 – 238.