

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ю. И. Воротницкий, А. А. Громыко, В. В. Пытляк (Минск, Беларусь)

### Введение

Предложенная тема носит весьма общий характер, поэтому следует определить-ся в следующих вопросах:

- какой класс телекоммуникационных систем рассматривается;
- где, когда и зачем необходимо моделирование, в том числе имитационное;
- как и на каких средствах предпочтительно создавать имитационные модели.

В рамках избранного объёма публикации постараемся ответить на поставленные вопросы.

### Жизненный цикл системы средств для построения интегрированной корпоративной сети

Интегрированные корпоративные сети взяты для рассмотрения по следующим причинам. Корпоративные сети, в отличие от сетей общего пользования, позволяют рассматривать для них замкнутый жизненный цикл. В сетях общего пользования рассмотрение замкнутого жизненного цикла невозможно, поскольку там неизбежно присутствует фактор государственного регулирования некоторых параметров.

Термин «интегрированные» в рамках данной статьи следует отличать от термина «мультисервисные», так как в данном случае рассматриваются сети, в которых для разных видов связи применяются разные сервисы, в том числе для речи, данных, видео и т. д.

Еще один аспект интеграции – наметившаяся в последнее время в области телекоммуникаций чёткая тенденция конвергенции средств обработки и передачи информации. С учетом этой тенденции можно говорить о «специализированной системе» средств вычислительной техники и передачи информации (СВТиПИ). О специализированности говорит то, что для построения корпоративных сетей создаются целые модельные ряды (линейки) оборудования. Даже в современные операционные системы вводятся элементы сетевых технологий, превращающие компьютеры в компоненты системы средств обработки и передачи информации.

Вопросы качества любой системы нельзя рассматривать вне контекста жизненного цикла данной системы. Количество и содержание этапов жизненного цикла системы зависит от её текущего состояния и прогнозов относительно её дальнейшего развития.

Для специализированной системы СВТиПИ, на основе которой строится корпоративная сеть (КС), можно выделить следующие этапы жизненного цикла:

1. Определение потребности в специализированной системе СВТиПИ с заданными функциональными возможностями.
2. Системное проектирование специализированной системы СВТиПИ.
3. Разработка конкретных образцов СВТиПИ для КС.
4. Опытная эксплуатация КС.
5. Серийное изготовление СВТиПИ.
6. Проектирование КС, имеющих конкретные функциональные характеристики и местоположение (этап индивидуального проектирования).
7. Установка и монтаж КС.
8. Функционирование КС в конкретных условиях и контроль качества функционирования как сопровождающий процесс.

Из всех перечисленных этапов жизненного цикла КС наиболее важными с точки зрения оценки качества представляются этапы 1, 2, 6, 8.

Опыт ведущих производителей сетевого оборудования, таких как Cisco Systems и Nortel Networks, показывает, что на сегодняшний день созданы если не специализированные системы, то отдельные модельные ряды устройств для построения КС, покрывающие 1-й и 2-й этапы жизненного цикла корпоративных сетей. Эти линейки оборудования нельзя считать специализированными системами СВТиПИ, поскольку они хоть и являются, по сути, объектами одного назначения, но отличаются по функциональным и количественным показателям.

Целью этапа системного проектирования заключается в выборе одного из вариантов реализации системы СВТиПИ, отражающей номенклатуру и параметры множества составляющих её компонентов, их функционально-количественную градацию. Т.е. для производителей оборудования для построения корпоративных сетей задача ставилась бы так: перейти от модельного ряда устройств к единой системе СВТиПИ, называемой базовой структурой СВТиПИ.

Таким образом, результатом 2-го этапа жизненного цикла является базовая структура СВТиПИ. Тогда конкретную корпоративную сеть можно представить как определенную инсталляцию этой БС СВТиПИ. Но эту инсталляцию можно понимать и как процесс индивидуального проектирования интегрированной корпоративной сети. А с учетом того, что корпоративная сеть обязательно должна обладать свойствами развития, как по функциональным, так и по количественным показателям, результатом 6-го этапа жизненного цикла КС должна быть не конкретная архитектура, не конкретная инсталляция, а проект, представляющий собой треки инсталляций с конкретными функциональными и количественными показателями за всё время существования КС.

Для описания этапов жизненного цикла систем часто используются CASE-схемы. CASE (Computer-Aided System Engineering) представляет собой технологию для методов анализа, проектирования, разработки и сопровождения различных систем. В CASE для описания системы применяются графы, диаграммы, таблицы и схемы, благодаря которым изучаемая система обретает иерархическую структуру упорядоченных уровней.

В нашем случае CASE является очень привлекательным средством для описания 6-го и 8-го этапов жизненного цикла системы средств вычислительной техники и системы передачи данных

Существует несколько разновидностей моделей жизненных циклов системы, в частности прямолинейная, спиральная, и т.д. [1]. Мы будем ориентироваться на спиральную модель. Такая модель подразумевает, что система, проходя последовательно этапы своего жизненного цикла, может при необходимости, как по спирали, возвращаться с более поздних этапов к более ранним для доработки и усовершенствования.

Для успешного применения спиральной модели необходимо, чтобы проектируемая система имела более или менее консервативный характер. Консерватизм рассматриваемой нами системы проявляется в первую очередь в открытости системы и в том, что протоколы открытых систем уже стандартизированы. Протоколы могут меняться, к ним могут добавляться различные элементы, например элементы безопасности, а система может возвращаться не в самое начало, а лишь на несколько витков жизненного цикла назад.

Обращаясь к вопросу о качестве КС, следует отметить, что нельзя рассматривать его в целом для всех этапов её жизненного цикла. Мы можем рассматривать качество только для некоторого определенного этапа. При этом о качестве можно говорить только тогда, когда определены воспринимающие его субъекты, работающие с объектом (системой) на каждом этапе жизненного цикла.

### Этап функционирования КС

Начнём рассмотрение с последнего этапа (функционирования), поскольку он, по сути, самый важный.

Одним из субъектов в данном случае является абонент, пользующийся услугами системы. Абонент оценивает систему по качеству обслуживания, которое она ему предоставляет. Качество обслуживания характеризует общую удовлетворенность пользователя предоставляемым ему обслуживанием. Пользователя не интересует качество функционирования системы, для него главное – получать заказанную услугу всегда вовремя и в полном объёме.

Другими субъектом, оценивающим качество системы, является системный администратор. Он оценивает качество с противоположной позиции, и в первую очередь его интересует качество функционирования системы. В его понимании это означает, что система должна корректно работать, быть функциональной, надёжной, выполнять все возложенные на неё функции телекоммуникационных и инфокоммуникационных услуг.

И, наконец, третий субъект – сетевой менеджер (представитель оператора связи). Для него качество представляет собой некое объединение качества обслуживания и качества функционирования системы, отнесенное к затратам на его обеспечение.

Поиск компромиссного решения никогда не даст результата в виде чистого общего показателя качества системы. Поэтому целесообразно сгруппировать все показатели в две группы, одна из которых будет содержать только показатели качества обслуживания, а вторая – показатели качества функционирования. Качество функционирования характеризуется способностью к обработке всех инфокоммуникационных запросов.

Несмотря на обилие работ, посвященных рассмотрению аспектов качества телекоммуникационных систем, можно сослаться лишь на одну [2]. Только в ней впервые была сделана попытка разграничения качества на две составляющих – качество обслуживания и качество функционирования. Однако в этой работе, как и в других, отсутствует попытка ввести конкретные количественные показатели для оценки соответствующих качеств.

Конечный пользователь – наиболее важная цель. Именно на него направлены все современные инфокоммуникационные услуги (ИТКУ) – услуги с использованием телекоммуникационных систем.

Важной задачей является оценка качества ИТКУ с точки зрения абонента-пользователя на этапе эксплуатации конкретной КС. Примером ИТКУ в данном случае могут служить сервисы Интернет, такие как, например, чаты.

Оценить все ИТКУ в целом не представляется возможным ввиду их нерегламентированности, которая выражается в отсутствии соответствующих инфокоммуникационных протоколов. Тем не менее можно пытаться оценивать каждую услугу в отдельности. Примером такой обобщенной оценки могут служить материалы, изложенные в книге [3].

### Этап индивидуального проектирования КС

Рассмотрим 6-й этап жизненного цикла, который описывает индивидуальное проектирование рассматриваемой интегрированной корпоративной сети, т.е. проектирование с учетом её фиксированного расположения и функциональных особенностей. Объектом на этом уровне является базовая структура СВТиПИ. Действующие на этом уровне субъекты следующие: всё тот же сетевой менеджер (представитель поставщика услуг), сетевой интегратор, и, по-прежнему, пользователи. Однако пользователи на

данном этапе выступают опосредованно. Здесь они не могут активно вмешиваться в разработку проекта системы, хотя их требования должны учитываться и соблюдаться.

Поскольку корпоративная сеть находится в постоянном развитии, результатом этапа её индивидуального проектирования должны быть различные технически потенциально возможные треки инсталляций. Эти треки, с конкретными функциональными и количественными показателями, предлагаются системным интегратором с учетом соотношения качества обслуживания и функционирования к стоимости затрат по реализации проекта КС.

С помощью сетевого менеджера из их общего набора выделяются наиболее эффективные треки. Качество обслуживания на этом этапе отличается от такового на рассмотренном ранее этапе эксплуатации тем, что здесь оно превращается в уровень обслуживания (GoS – grade of service). Уровень обслуживания – это совокупность технических параметров, характеризующих соответствие ресурса поступающей на него нагрузке в разных условиях. Это может быть вероятность потерь, время ожидания и т.д. Ресурсами на этапе индивидуального проектирования выступают вычислительная производительность средств вычислительной техники (СВТ), память, пропускная способность средств передачи данных (СПИ). Как только в рассмотрение входят эти ресурсы, мы получаем возможность четко описывать показатели качества через их параметры. При этом следует отметить, что обычно уровень качества определяется через достаточность тех или иных ресурсов, т. е. качество тем хуже, чем острее ощущается недостаток (дефицит) того или иного ресурса.

Перечисленные ресурсы имеют различную природу. Ресурсы памяти и пропускной способности являются дискретными и конечными, т.е. исчерпаемыми. Ресурс производительности сетевых устройств определяет реактивность системы, которая выражается во времени отклика. Особенность данного ресурса в том, что он непрерывный, и при бесконечном ресурсе памяти может считаться неисчерпаемым.

Поскольку указанные ресурсы разделяются на два типа (неисчерпаемые непрерывные и исчерпаемые дискретные), то и показатели качества на их основе также будут разделены на два класса – вероятности явных и условных потерь.

Явные потери связаны с исчерпанием дискретного конечного ресурса памяти или пропускной способности. В этом случае происходит непосредственный отказ самой сети. Условные же потери происходят из-за отказов по вине пользователя. Это связано с его психофизиологическими особенностями и выражается во времени ожидания отклика. Пользователь отказывается слишком долго ждать отклика из-за недостаточности ресурса производительности и инициирует отказ. Данные потери называются условными, поскольку нет явного отказа со стороны сети, и если бы выполняющийся процесс не был прерван пользователем, то рано или поздно он бы завершился успешно.

Перечисленные три ресурса поддаются параметризации, что даёт возможность строить формализованное описание для моделей оценки качества КС путем вычисления вероятностей явных и условных потерь.

### **Формализованное описание и его реализация на GPSS**

Одним из важнейших этапов создания имитационных моделей является этап формализации описания системы. В телекоммуникациях практически всегда присутствует спецификация системы (протоколов), задаваемая чаще всего автоматной моделью. В то же время выполнение каждого из запросов носит последовательный характер и наилучшим образом представляется в виде транзакции. Легко показать, что от автоматной модели просто перейти к транзактной.

В основу разрабатываемого авторами комплекса имитационных моделей телекоммуникационных систем и была положена транзактная модель. У неё есть ряд поло-

жительных отличий: она удобна для абстрактного моделирования, когда нет чёткого описания физической структуры системы либо когда структура может динамически изменяться. А это означает, что структура имитационной модели не зависит от структуры системы. Свойство вложенности транзакций удобно для описания сервиса на семи уровнях эталонной модели.

Основная задача в применении транзактного метода моделирования состоит в выборе типов элементов транзакции и параметризации последних. Для решения задачи определения вероятности явных и условных потерь нами предлагается три класса моделей: «Нагрузка», «Загрузка», «Ресурс безопасности». Задачей модели «Нагрузка» является определение вероятности явных потерь и построение реальной модели нагрузки на ресурс производительности. Модель «Загрузка» с учётом реальной нагрузки позволяет определять вероятности условных потерь. Модель «Ресурс безопасности» определяет затраты производительности сетевых устройств на элементы безопасности, вводимые в сетевые протоколы.

Для каждого из типов моделей выбран набор элементов транзакций и проведена их параметризация. Количество таких элементов не превышает десяти. Свойства GPSS позволяют достаточно легко и негромоздко реализовывать как отдельные элементы транзакции, так и описывать саму транзакцию. Благодаря возможности использования имён в значениях дискретных функций GPSS мы можем на естественном языке описать транзакцию с помощью функции. Функция транзакции дополняется рядом дискретных функций, определяющих параметры элементов транзакции. Непосредственная реализация каждого из элементов показала, что число блоков для выполнения элемента находится в пределах от четырех до десяти. Это говорит о близости языка GPSS предложенному формализму, который, в свою очередь, был обусловлен свойствами телекоммуникационных систем.

### Заключение

Для оценки качества интегрированной корпоративной сети необходимо рассматривать его на разных этапах жизненного цикла. Наиболее важны этапы индивидуального проектирования и эксплуатации КС в конкретных условиях. Для описания этих этапов жизненного цикла КС привлекательным средством является технология CASE, позволяющая придать системе СВТиПИ упорядоченную структуру. На этих этапах можно построить формализованное описание КС для построения конкретных моделей системы. Элементы формализованного описания хорошо ложатся на блоки GPSS, что весьма удобно для построения имитационных моделей.

### Литература

1. **Калянов Г.Н.** CASE – структурный системный анализ. – М.: Лори, 1996. – 242 с.: ил.
2. **Нетес В. А.** Качество обслуживания на сетях связи // *Веснік сувязі*. 1999. № 5. С. 53–58.
3. **Менаске Дэниел, Алмейда Виргилио.** Производительность Web-служб. Анализ, оценка, планирование: Пер. с англ. – СПб: ООО “ДиаСофтЮП”, 2003. – 480 с.: ил.