

# ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Аноприенко А.Я., Джон С.Н.

Кафедра ЭВМ ДонГТУ

anoprien@cs.dgtu.donetsk.ua

## **Abstract**

*Anoprienko A., John S. Tasks, Methods and Tools for Simulation of Network Infrastructure. Problems of model support for network infrastructure, beginning from local networks and finishing large-scale network structures for distributed simulation of complex dynamic systems, are analysed in this paper. As the consequence, conclusion about necessity of model support creation for networks of all levels in DonSTU is formulated.*

Основной задачей исследования и моделирования сетей является выработка рекомендаций для рационального использования ресурсов вычислительной сети. Необходимость в этом возникает при администрировании или развитии существующей сетевой инфраструктуры, а также при проектировании новых сетей и разработке различных сетевых приложений. Учитывая резко возросшую за последние годы сложность сетевых структур (см., например, рис. 1) и масштабы их использования можно уверенно утверждать, что в настоящее время основной акцент в исследовании вычислительных структур и систем сместился от отдельных ЭВМ в сторону сетей и сетевых процессов.

## **Задачи моделирования**

Особо актуальной проблема моделирования сетевой инфраструктуры стала в связи с расширяющимся использованием распределенных вычислений и моделирующими сред. На кафедре ЭВМ ДонГТУ исследования в данном направлении ведутся с начала 90-х годов [1, 2]. Однако только сейчас назрела необходимость практической системной реализации соответствующего модельного сопровождения разработок в области распределенных вычислительных процессов в связи резким усложнением используемых сетевых структур и значительным ростом масштабов их использования.

Наиболее рациональным вариантом решения проблемы эффективного анализа и синтеза сетевых структур является в настоящее время использование соответствующих специализированных программных продуктов, позволяющих осуществлять многофункциональное моделирование сетей. Как правило, с их помощью могут быть решены следующие задачи:

- определение производительности сети при заданных топологии и рабочей нагрузке;
- анализ зависимости пропускной способности от изменения рабочей нагрузки в сети;
- анализ зависимости пропускной способности сети от изменений в ее топологии;
- подбор параметров протоколов сети для обеспечения максимальной пропускной способности при заданных топологии и рабочей нагрузке;

определение оптимальной топологии и отношения пропускная способность/стоимость для проектируемой сети или кластерной структуры.

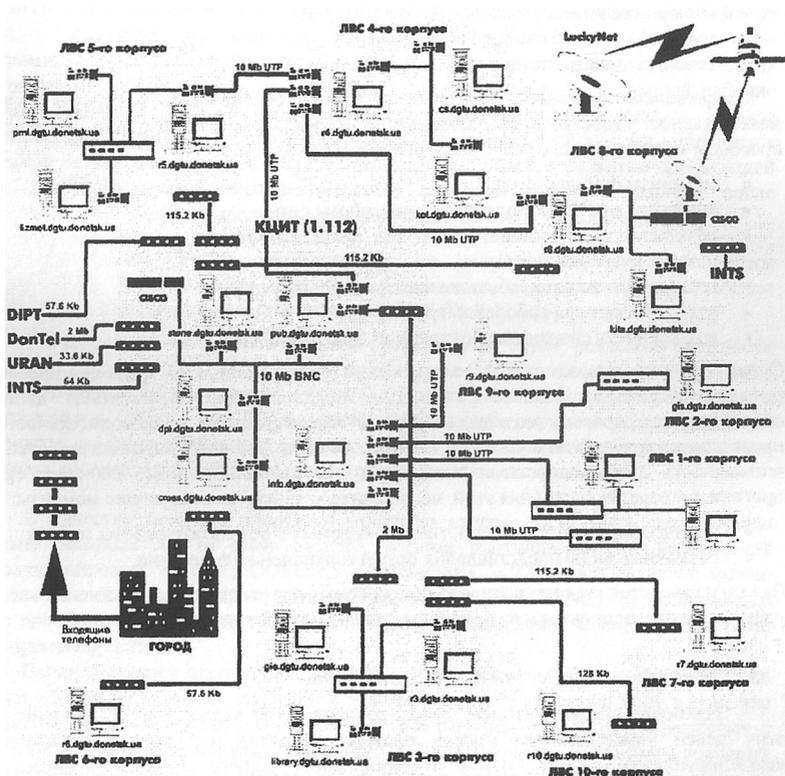


Рис. 1 - Обобщенная инфраструктура компьютерной сети ДонГТУ.

Основными элементами, предназначенными для решения перечисленных задач в составе современных систем моделирования сетей, обычно являются следующие:

- библиотека моделей;
- среда прогона;
- подсистема задания рабочей нагрузки;
- подсистема задания топологии сети;
- подсистема анализа результатов моделирования.

Библиотека моделей должна представлять собой хранилище структурных элементов модели и может сравниваться по следующим критериям:

- возможность моделировать стандартные сетевые устройства;

- возможность создания моделей устройств, удовлетворяющих интересам пользователя;
- уровень параметризации элементов библиотеки;
- количество классов моделируемых объектов;
- масштабируемость модельного времени;
- точность и соответствие моделей реальным объектам.

Графический интерфейс пользователя должен обеспечивать в первую очередь максимальное удобство для пользователя и реализовывать функции управления прогоном модели, в числе услуг которого могут находиться:

- механизм drag-and-drop;
- анимация процесса моделирования работы сети;
- возможность приостанавливать или прерывать работу модели, прокручивать назад и запускать повторно;
- наглядность иконок, обозначающих элементы сети;
- удобство задания рабочей нагрузки;
- возможность сворачивать отдельные фрагменты сети.

Среда прогона должна использоваться для сбора данных о функционировании модели. Подсистема анализа результатов моделирования обрабатывает данные, собранные при прогоне модели, вычисляет характеристики производительности и представляет результаты в удобной для пользователя форме. В значительной степени возможность этой подсистемы зависит от тех данных, которые собирает среда прогона. Определяющими для этой части системы являются следующие моменты:

- количество и тип характеристик, собираемых в результате работы модели;
- различные виды представления результирующей информации.

Важным является также наличие подсистемы для выработки рекомендаций по рациональному использованию ресурсов сети и документированию решений.

### ***Методы и средства моделирования***

Наиболее общим методом моделирования сетей является использование для этих целей универсальных языков программирования или специализированных «моделирующих» языков. Языки моделирования общего назначения появились довольно давно, почти одновременно с Алголом и Фортраном, и прошли путь от бурного развития в 70-х годах, когда они ежегодно рождались десятками, до относительно стабильного состояния, когда начали доминировать всего лишь несколько языков - GPSS, SLAM, SIMSCRIPT, GASP, RJSBQ, SIMULA-67, XPRBSS и др. [1, 3]. Языки моделирования общего назначения обладают наиболее широкими функциональными возможностями для любых предметных областей, могут описывать любые свойства компонентов и программировать их взаимодействия. Однако, использование их для моделирования современных сетей представляется практически невозможным из-за чрезвычайной трудоемкости и, как следствие, неэффективности такого подхода в большинстве случаев.

В некоторых частных случаях, правда, еще возможно использование, например, GPSS (General Purpose Simulating System) [4, 5] - долгожителя в мире имитационного моделирования дискретных систем, основное назначение которого заключается в моделировании систем массового обслуживания. В последние годы интерес к GPSS вновь возрос, в чем можно убедиться, ознакомившись с новейшими версиями GPSS/H и GPSS/H+PROOF, разработанными корпорацией Wolverine

Software. Авторы, оставив неизменным ядро GPSS, добавили к нему графические средства манипулирования блок-схемами, возможность использования анимации и разработали гибкий интерфейс связи с C++. В составе демонстрационных программ, поставляемых с системой GPSS, присутствует много примеров для моделирования сетей. В частности, для имитации локальной сети Ethernet поставляется цикл программ, в котором каждая последующая детализирует предыдущую. Первая программа - моделирование сети с помощью замкнутой модели, в которой рабочие станции представляются в виде многоканального прибора, а сеть - в виде одноканального прибора. В следующей программе к замкнутой модели добавляется имитация метода доступа CSMA/CD для моноканала. Далее, в развитии предыдущей программы, реализуется экспоненциальный алгоритм расчета задержки после коллизии, в следующей - выполнено моделирование технологии клиент-сервер.

Существенно более эффективным во многих случаях оказывается использование современного многофункционального инструментария, наиболее ярким примером которого является система Matlab/Simulink [6].

Однако, в случае моделирования современных сетей реальной сложности наиболее эффективным является использование предназначенных для этого специализированных моделирующих систем. Имеющиеся на сегодня продукты для моделирования работы сетей значительно отличаются друг от друга по цене, сложности и функциональным возможностям: от бесплатно распространяемых программ до комплексных систем стоимостью в десятки тысяч долларов.

В качестве примера продуктов старшего класса могут быть рассмотрены системы NetMaker XA от Make Systems, которая получила награду World Class ("Продукт мирового класса"), COMNET Predictor от CACI Products, которую можно объединять с более мощным продуктом под названием COMNET III, и несколько более простая и дешевая система SES/Strategizer, предлагаемая компанией Scientific and Engineering Software.

Вычислительное ядро моделирования, используемое в NetMaker XA от Make Systems, - одно из наиболее мощных, и это сыграло немаловажную роль в том, что продукт зарекомендовал себя столь хорошо: все работает в полном соответствии с описаниями. Главные недостатки NetMaker XA - необходимость серьезного обучения пользователя и высокая стоимость. Если к цене базовой конфигурации изделия добавить стоимость дополнительных модулей, получится довольно значительная сумма. Основу продукта составляют модули Visualizer, Planner и Designer. Каждый из них выполняет какую-то одну функцию - чтобы смоделировать работу сети, необходимы все три.

Visualizer служит для получения информации о сети и ее просмотра. В его состав входят SNMP-модули автоматического распознавания, которые опрашивают сетевые устройства и создают соответствующие им объекты. Информацию об этих объектах можно затем редактировать с помощью Visualizer.

Planner - это библиотека устройств, которая помогает проанализировать, что получится при установке в сети нового устройства (например, дополнительного маршрутизатора). Make Systems предоставляет встраиваемые модули (plug-in), содержащие объекты с данными о продуктах различных производителей. В таких объектах содержится полное описание различных моделей устройств (от числа сетевых интерфейсов до типа процессора); вся информация заверяется производителем. С помощью Planner пользователь может самостоятельно строить свои собственные объекты для описания сетевых устройств и каналов связи, не включенных в библиотеку.

Designer нужен для построения схем сетей. Данное средство позволяет легко и быстро создавать модели и анализировать альтернативы. Если пользоваться им совместно с Planner, можно получать информацию о том, как будет работать сеть заданной конфигурации.

Таблица 1  
Средства моделирования сетей: достоинства и недостатки

	NetMaker XA фирмы Make Systems, <a href="http://www.makesvstems.com">www.makesvstems.com</a>	COMNET Predictor фирмы CACI Products, <a href="http://www.caci.com">www.caci.com</a>	SES/Strategizer фирмы Scientific and Engineering Software, <a href="http://www.ses.com">www.ses.com</a>
Достоинства	Высокая производительность. Огромное количество дополнительных модулей, В том числе библиотек устройств ОТ разных производителей. Хороший дополнительный модуль для анализа затрат. Отличная функция разработки планов восстановления после отказа.	Прекрасная возможность ввода данных о трафике в режиме реального времени. Простота ввода гипотез о росте трафика с течением времени. Возможность тонкой подстройки параметров сети с помощью простых диалоговых окошек.	Невысокая цена, простота применения. Легкость использования модулей для рисования схем. Возможность тонкой настройки параметров сети. Ясность схем сети.
Недостатки	Очень высокая цена. Необходимость использования дорогой SPARCstation. Продуктом трудно пользоваться; требуется дополнительное обучение.	Проблемы С установкой. Трудность восприятия схем сети. Неясность некоторых отчетов.	Поставка на дискетах. Невозможность расчета перспектив роста сети. Некоторые отчеты невозможно просматривать, если на том же ПК не установлен Excel.

Все представленные в табл. 1 системы имеют и некоторые общие недостатки. В частности, ни одна из программ не способна сообщить, что сеть чересчур сложна, или предложить, каким образом надо ее усовершенствовать для повышения производительности. Они лишь указывают, будет ли работоспособным предлагаемый проект и в каком месте можно нарваться на проблемы. Администратору приходится самому выбирать лучший способ решения проблем. Мало того, ни один из продуктов нельзя рассматривать как полностью готовое к употреблению средство, способное в точности смоделировать работу существующей или даже вновь спроектированной

сети. Необходимо потратить значительные средства на обучение, прежде чем станут возможными построение корректных моделей и интерпретация полученных результатов. Затем понадобится еще в течение шести-девяти месяцев непрерывно подстраивать модель, и только после этого она будет хотя бы приблизительно приведена в соответствие с действительностью.

Очень многое при моделировании реальных сетей зависит и от возможности системы моделирования учитывать специфику конкретных устройств и протоколов. Например, система CANE от ImageNet может моделировать 9000 различных устройств и конечных станций, а комплект поставки продукта SimuNet от Telenix содержит только библиотеку маршрутизаторов Cisco. Из всех имеющихся на сегодня специализированных средств сетевого моделирования примерно 70% способны моделировать маршрутизаторы Cisco и другие устройства межсетевой связи, такие как концентраторы, шлюзы и коммутаторы. Менее половины программ позволяют учитывать работу каналов связи локальных и территориально-распределенных сетей. В библиотеки очень немногих из них, например, NetArchitect от Datametrics System, входят процессоры, контроллеры дисков и диски. Примерно половина продуктов могут моделировать работу протоколов сетевого уровня, таких как IP и LPX, и протоколы канального уровня, например ШЕЕ 802.3, 802.5, АТМ, frame relay. Однако не так-то просто обнаружить средство, умеющее работать с частными протоколами для устаревшего оборудования и связными протоколами.

Достоинством всех перечисленных решений является наличие в их комплектах поставки примеров моделей и характеристик работы сети - они помогают пользователям освоиться с продуктами. Это можно только приветствовать, поскольку моделирование и анализ поведения сетей является весьма нетривиальной задачей. Следует ожидать, что средства моделирования будут адаптироваться к изменениям характера сетей, которые становятся все более интеллектуальными и все в большей степени ориентируются на системные параметры (в частности, на учет характера приложений и предоставляемых сетевых услуг). В ближайшем будущем следует ожидать и появления средств моделирования и прогнозирования для Gigabit Ethernet.

В целом, по результатам комплексного анализа функциональных и прочих параметров доступных на сегодня средств моделирования сетей, одним из наиболее предпочтительных вариантов на сегодня представляется система NetCracker Professional (рис. 2), которая разрабатывается и поставляется фирмой NetCracker Technology.

Будучи по своим функциональным возможностям сравнимой с рассмотренными выше системами высшего класса, данная моделирующая система является относительно простой и доступной, пригодной, в числе прочего, и для использования в учебном процессе. Кроме этого, в ней имеются достаточно развитые средства документирования исследований и разработок, в том числе с возможностью генерирования документов в HTML-формате. Именно поэтому ее можно рекомендовать на нынешнем этапе в качестве базового средства моделирования сетевой инфраструктуры в ДонГТУ.

### **Заключение**

Со всей определенностью можно констатировать, что задачи модельного сопровождения сетевой инфраструктуры, начиная от локальных сетей кафедрального уровня и заканчивая крупномасштабными сетевыми структурами для реализации распределенных кластерных систем, перешли сегодня на качественно новый этап, который можно охарактеризовать следующим образом:

во-первых, стремительное усложнение используемой сетевой инфраструктуры привело к резкому повышению актуальности данной проблематики;

во-вторых, появились реальные возможности практической реализации всеобъемлющего модельного сопровождения разработки и эксплуатации сетевых компьютерных структур различного масштаба.

в-третьих, наиболее перспективным вариантом развития моделирующих сред на ближайшее десятилетие представляется разработка и реализация сосредоточенных и распределенных развивающихся кластерных систем и приложений, эффективная реализация которых представляется практически невозможной без соответствующего моделирования используемой сетевой инфраструктуры, и, следовательно, моделирование сетевых структур и процессов должно в ближайшем будущем стать неотъемлемой частью таких исследований и разработок.

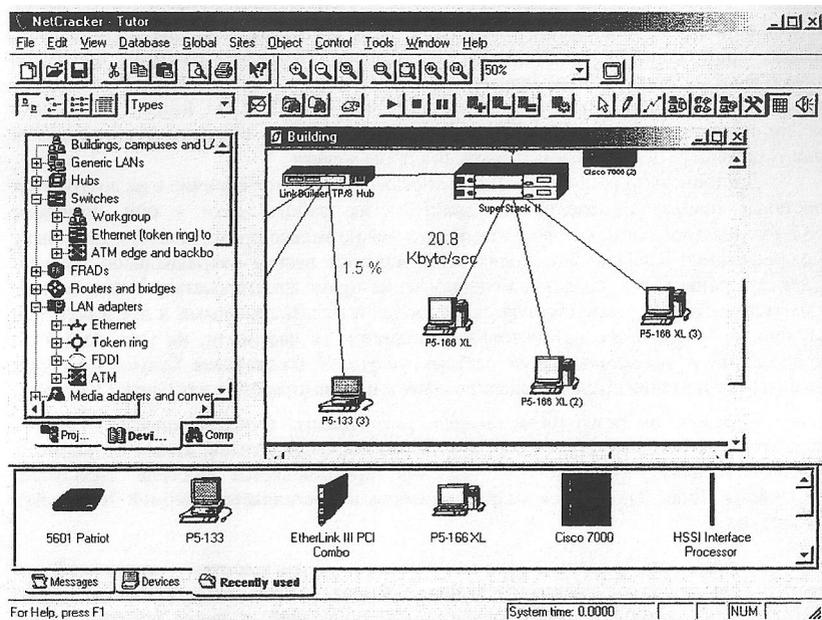


Рис. 2 - Общий вид интерфейса системы NetCracker с фрагментом моделируемой сети.

Таким образом, в ближайшие годы стоит актуальная задача создания многоцелевых развивающихся, по возможности доступных через Интернет, моделей кафедральных, факультетских, университетских, региональных и межрегиональных сетей, которые смогут выполнять функции модельной поддержки для различных сетевых проектов и приложений.

### ***Литература***

1. Святныш В.А., Цайтц М., Анопrienко А.Я. Реализация системы моделирования динамических процессов на параллельной ЭВМ в среде сетевого графического интерфейса // Вопросы радиоэлектроники, серия "ЭВТ", вып. 2. - 1991. - С. 85 - 94.
2. Анопrienко А., Svjatnyi V., Bräunl T., Reuter A., Zeitz M. Massiv parallele Simulationsumgebung für dynamische Systeme mit konzentrierten und verteilten Parametern // 9. Simposium in Stuttgart "Simulationstechnik", Oktober 1994. Vieweg. - 1994. - S. 183-188.
3. Бахвалов И. Компьютерное моделирование: долгий путь к сияющим вершинам // Compu-Terra Online, 6.10.97.
4. Шрайбер Т. Дж. Моделирование на GPSS. - М.: Машиностроение, 1980.
5. Дорошенко А. GPSS - язык и система моделирования систем // Компьютерная неделя. - 1997. - № 18(92).
6. Гультяев А. Визуальное моделирование в среде Matlab. ^316: Питер, 2000. ^32 с.