

Тарасов В.Н., Коннов А.Л., Ушаков Ю.А.
Оренбургский государственный университет

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ И СЕТЕЙ СВЯЗИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ OPNET MODELER

В работе рассмотрены возможности программы Opnet Modeler на примерах сети кафедры ВТ ОГУ и сетевого оборудования Cisco. Полученные результаты по анализу этих сетей позволяют рассматривать сети ЭВМ не как «черный ящик», а с точки зрения детального исследования информационных процессов, протекающих в них, с целью решения многих вопросов по их оптимизации.

1. Введение

Возможности физического моделирования при анализе сетей ЭВМ сильно ограничены. Оно позволяет решать отдельные задачи при задании небольшого количества сочетаний исследуемых параметров системы. Действительно, при натурном моделировании вычислительной сети практически невозможно проверить ее работу для вариантов с использованием большого количества коммуникационных устройств – маршрутизаторов, коммутаторов и т. п. Но если определенным образом преобразовать топологию, то возможности физического моделирования могут возрасти. Однако снятие статистических характеристик с различных точек сети чрезвычайно затруднено. Если на рабочей станции еще можно программно снять статистику использования интерфейса, то на коммутаторе или в оптической линии связи это может стать практически невозможным. Опять же анализ полученных результатов осложнен сложностью расчетов.

Поэтому при анализе и оптимизации сетей во многих случаях предпочтительным оказывается использование математического моделирования. Особым классом математических моделей являются имитационные модели. Такие модели представляют собой компьютерную программу, которая хронологически шаг за шагом воспроизводит события, происходящие в реальной системе. Применительно к вычислительным сетям их имитационные модели воспроизводят процессы генерации сообщений приложениями, осуществляют разбиение сообщений на пакеты и кадры определенных протоколов, выявляют задержки, связанные с обработкой сообщений, пакетов и кадров внутри операционной системы, а также по-

зволяют анализировать процесс получения доступа компьютером к разделяемой сетевой среде и т. д.

При имитационном моделировании сети не требуется приобретать дорогостоящее оборудование, так как его работа имитируется программами, достаточно точно воспроизводящими все основные особенности и параметры такого оборудования.

Результатом работы имитационной модели являются собранные в ходе прогона модели статистические данные о наиболее важных характеристиках сети: временах реакции и задержках, коэффициентах использования ресурсов сети, вероятности потерь пакетов и т. п. Все это позволяет взглянуть на сети ЭВМ не как на «черный ящик», а с точки зрения информационных процессов, протекающих в них.

В данной статье рассматривается программная система имитационного моделирования (Opnet Modeler), которая ориентирована на сети связи и позволяет строить модели без программирования. Такие программные системы сами генерируют модель сети на основе исходных данных о ее топологии и используемых протоколах, об интенсивностях потоков запросов между компьютерами сети, протяженности линий связи, о типах используемого оборудования и приложений.

Программа Opnet Modeler предлагает пользователям графическую среду для создания, выполнения и анализа событийного моделирования сетей связи. Это удобное программное обеспечение может быть использовано для решения многих задач, например, для проверки протоколов связи, анализа взаимодействий протоколов, оптимизации и планирования сети. Также возможно осуществить с помощью программы проверку пра-

вильности аналитических моделей и описание протоколов.

После окончания моделирования пользователь получает в свое распоряжение следующие характеристики по производительности сети:

- прогнозируемые задержки между конечными и промежуточными узлами сети, пропускные способности каналов, коэффициенты использования сегментов, буферов и процессоров;
- пики и спады трафика как функцию времени, а не как усредненные значения;
- источники задержек и узких мест сети.

Система Oprent Modeler оперирует с узлами трех типов – процессорными узлами, узлами-маршрутизаторами и коммутаторами. Узлы могут присоединяться с помощью портов к коммуникационным каналам любого типа, от каналов локальных сетей до спутниковых линий связи. Узлы и каналы могут характеризоваться средним временем наработки на отказ и средним временем восстановления для моделирования надежности сети.

Моделируется не только взаимодействие компьютеров в сети, но и процесс разделения процессора каждого компьютера между его приложениями. Работа приложения моделируется с помощью команд нескольких типов, в том числе команд обработки данных, отправки и чтения сообщений, чтения и записи данных в файл, установления сессий и приостановки программы до получения сообщений. Для каждого приложения задается так называемый репертуар команд.

Каналы связи моделируются путем задания их типа, а также двух параметров – пропускной способности и вносимой задержки распространения. Единицей передаваемых по каналу данных является кадр. Пакеты при передаче по каналам сегментируются на кадры. Каждый канал характеризуется: минимальным и максимальным размером кадра, накладными расходами на кадр и интенсивностью ошибок в кадрах. Связь с глобальной сетью имитируется с помощью канала доступа, который имеет определенные задержку распространения и пропускную способность.

Рабочая нагрузка создается источниками трафика. Каждый узел может быть соединен с несколькими источниками трафика разного типа.

Источники-приложения генерируют приложения, которые выполняются узлами типа процессоров или маршрутизаторов. Узел выполняет команду за командой, имитируя работу приложений в сети. Источники могут генерировать сложные нестандартные приложения, а также простые, занимающиеся в основном отправкой и получением сообщений по сети.

Источники вызовов генерируют запросы на установление соединений в сетях с коммутацией каналов (сети с коммутируемыми виртуальными соединениями, ISDN, POTS).

Источники планируемой нагрузки генерируют данные, используя зависящее от времени расписание. При этом источник генерирует данные периодически, используя определенный закон распределения интервала времени между порциями данных. Можно моделировать зависимость интенсивности генерации данных от времени дня.

Источники «клиент-сервер» позволяют задавать не трафик между клиентами и сервером, а приложения, которые порождают этот трафик. Эти приложения работают в модели «клиент-сервер», и источник данного типа позволяет промоделировать вычислительную нагрузку компьютера, работающего в роли сервера, то есть учесть время выполнений вычислительных операций, операций, связанных с обращением к диску, подсистеме ввода-вывода и т. п.

2. Краткое описание функций программы Oprent Modeler

На рисунке 1 представлена база ресурсов сети программы Oprent Modeler.

База ресурсов представляет собой набор моделей устройств различных производителей сетевого оборудования, таких как 3Com, CISCO и других (концентраторы, коммутаторы, маршрутизаторы, мосты и др.), а также технологий Ethernet, FDDI, Token Ring, STP, ATM, Frame Relay, VLAN, xDSL, Wireless LAN.

В базе ресурсов также имеются наиболее распространенные и известные протоколы (IP, TCP и протоколы маршрутизации RIP, OSPF, BGP, EIGRP, IGRP, IS-IS). Также имеет-

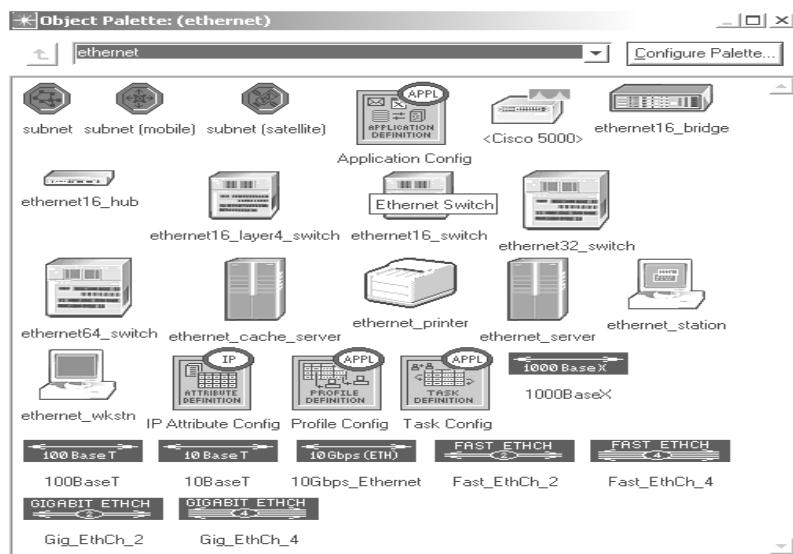


Рисунок 1. База ресурсов сети

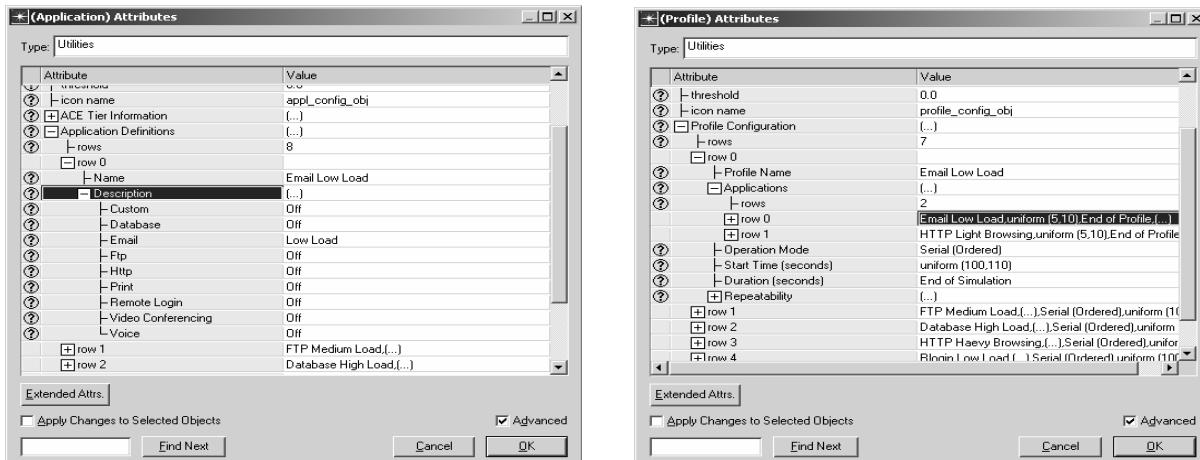


Рисунок 2. Выбор и настройка параметров приложений

ся возможность моделировать линии связи, такие, как 10BaseT, 100BaseT, 1000BaseX, Frame Relay (T1, E1, T3), PPP, путем указания их пропускной способности и задержки распространения. Каждый ресурс имеет специфические для конкретного класса характеристики, которые включены в базу ресурсов. Так, например, для рабочей станции можно задать типы выполняемых приложений (Email, FTP, HTTP, Print, Database, Remote Login, Video Conference, Voice), причем не один, а несколько, производительность, время работы и т. д. (рисунок 2).

Используемое приложение можно выбрать из уже готового набора приложений либо, задав соответствующие характеристики, создать требуемый нестандартный тип

приложений. Для коммутатора можно задать количество портов, временные задержки, производительность. Для каждого приложения необходимо указать сервер, который выполнял бы соответствующие запросы. В данном случае один сервер выполняет все запросы приложений. На рисунке 3 представлен выбор приложений, реализуемых на сервере.

Так как все процессы функционирования стохастические, для моделирования необходимо также указать законы распределений, сценарии моделирования, согласно которым генерируются заявки в сети.

Для получения результатов до начала моделирования необходимо указать те характеристики, значения которых требуется получить в результате моделирования. Эти характеристи-

тиki можно задать для всей сети, отдельной для рабочей станции, коммутационного оборудования. Также можно проследить трафик от одного объекта до другого, и необходимо задать время моделирования (1 час, 1 рабочая смена, 2 рабочие смены и т. д.). Моделирование требует больших ресурсов ПК, так прогон одного часа модельного времени занимает на ПК Celeron 1.7 380 Мб ОЗУ 20 минут.

Также имеется возможность просмотреть требуемых результатов моделирования, таких, как загрузка устройств, линий связи, количество принятых и отправленных бит коммутатором, сервером и т. д. (рисунок 4).

3. Модель сети кафедры ВТ

Локальную вычислительную сеть кафедры ВТ для удобства моделирования было решено представить в виде пяти подсетей и одного сервера, чтобы не выделять отдельно все рабочие станции (рисунок 5). В качестве подсети используется стандартный объект 100BaseT_LAN, представляющий со-

бой сеть Fast Ethernet коммутируемой топологии (Fast Ethernet LAN in a switched topology). Количество клиентов произвольно, один сервер. Клиентский трафик направляется как вовнутрь подсети, так и на внешние серверы. Поддерживаются следующие виды приложений: FTP, Email, Database, Custom, Rlogin, Video, X windows, HTTP. Количество рабочих станций равно 10 по умолчанию.

Сервер предоставляет возможность работы приложений как по TCP, так и по UDP. Подключение может быть 10, 100 и 1000 Мбит и определяется пропускной способностью подключенного линка.

У коммутаторов имеется возможность подключать до 16 Ethernet интерфейсов. Алгоритм связывающего дерева (Spanning Tree algorithm) используется для обеспечения топологии без колец. Коммутаторы взаимодействуют между собой путем посылки BPDU (Bridge Protocol Data Units) пакетов. Коммутатор может объединять сети только одного типа (Ethernet – Ethernet, FDDI – FDDI or Token Ring – Token

(Application: Supported Services) Table	
Name	Description
Email Low Load	Supported
FTP Medium Load	Supported
Database High Load	Supported
HTTP Heavy Browsing	Supported
Rlogin Low Load	Supported
HTTP Light Browsing	Supported

Рисунок 3. Выбор приложений на сервере

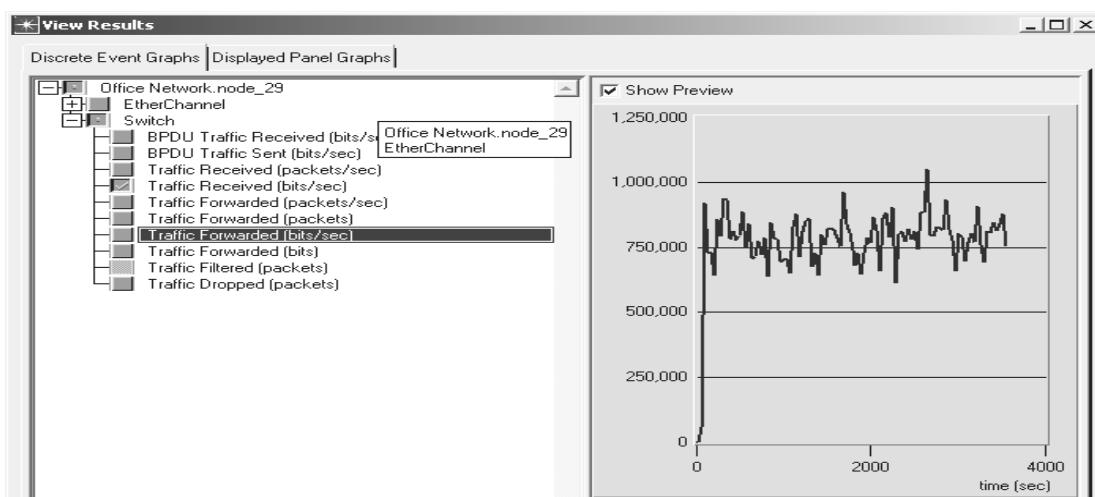


Рисунок 4. Количество принятых бит коммутатором за один час

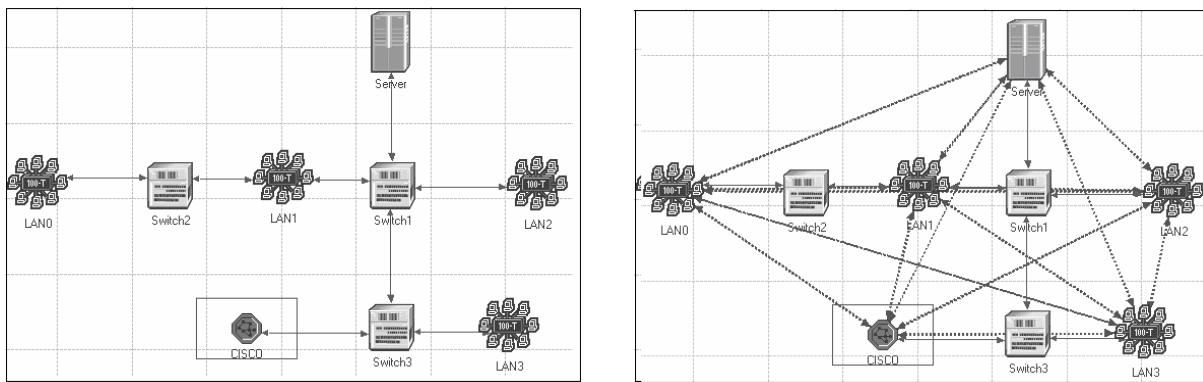


Рисунок 5. ЛВС кафедры ВТ и структура ее трафика

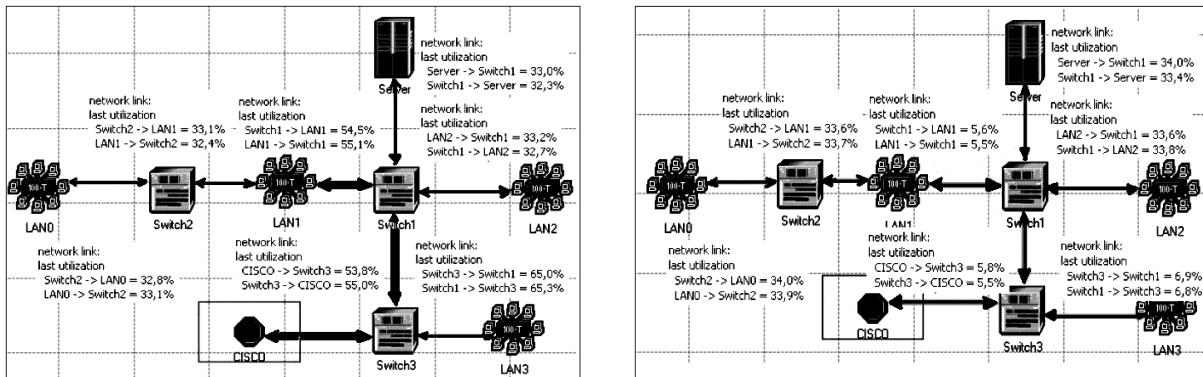


Рисунок 6. Результаты моделирования сети

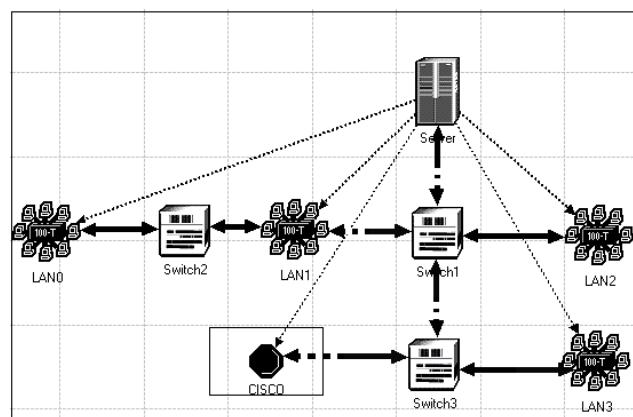


Рисунок 7. Трафик от сервера

Ring). Структура трафика – Mesh (топология, когда все элементы соединены друг с другом).

На рисунке 6 представлены результаты моделирования сети при интенсивности 100 пакетов/сек или 50 Кбит/сек. Причем тонкими линиями изображены каналы связи с загрузкой от 0% до 49%, толстыми – от 50% до 74% и пунктирными – от 75% до 100%.

Как видно из рисунка 6, три канала связи имеют загрузку большую, чем 50%. Таким образом, данные каналы могут являться критическим местом локальной сети. Поэтому их можно заменить на каналы с пропускной способностью в 1000 Мбит/с. Полученные результаты, приведенные на рисунке 6, говорят о том, что появляется возможность использования дополнительной пропускной способности новых каналов.

Проведем модельный эксперимент для определения максимальной нагрузки на сервер. Для этого создадим трафик от сервера на все узлы сети (рисунок 7). Эта ситуация моделирует нагруженный контроллер домена. После этого сравним сеть до и после модернизации. Как видно, существуют 4 перегруженных канала (пунктир). На рисунке 8 показаны график загрузки самой нагруженной связи Switch1-Switch3 (загрузка близка к 100%) и пропускная способность связи (около 200 Мбит/с).

Как видно из графиков, сеть в первоначальном варианте не способна выдержать такую нагрузку. Но кроме замены скорости связей между сегментами, которая будет сопровождаться еще и заменой оборудования, можно произвести структурное преобразование. Например привести топологию к «звезде» (рисунок 9). Такой подход позволит сократить число коммутаторов сети и снизить стоимость модернизации в несколько раз. Как видно из рисунка 9, количество перегруженных линков уменьшилось до двух. Далее на рисунке 10 показаны графики загрузки линий всех трех вариантов сетей. Для сегментов сети кафедры ВТ (например, LAN3) пропускная способность для первого и третьего вариантов примерно равна и немного выше для второго варианта. Для сегмента Cisco наблюдается тенденция на увеличение пропускной способности.

4. Модель сети Cisco

В 2005 году на базе кафедры ВТ ОГУ была создана сетевая академия Cisco. Основными задачами академии являются обучение слушателей академии по курсу CCNA и изучение сложных гетерогенных сетей. Для нужд академии была создана локальная сеть академии, которая удовлетворяет потребностям модельной сети для изучения практических любых сетевых технологий и протоколов. Логическая структура сети показана на рисунке 11.

В качестве узловых маршрутизаторов (router5 и router6) используются Cisco 2621XM с двумя Fast Ethernet портами и двумя универсальными асинхронными портами. Остальные маршрутизаторы – Cisco 2620XM с одним Fast Ethernet портом и двумя универсальными асинхронными портами. Коммутаторы – Cisco Catalyst 2950T с 24 портами Fast Ethernet и двумя Gigabit Ethernet. На всех маршрутизаторах стоят enterprise версии операционной системы, поддерживающей все ос-

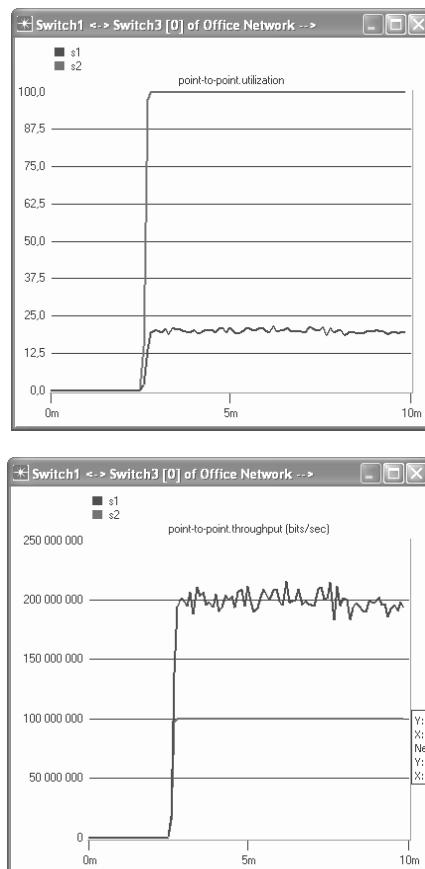


Рисунок 8. Сравнение двух версий сети

новые сетевые технологии, протоколы и средства.

Избыточность топологии обеспечивает повышенную надежность сети и повышенную пропускную способность. Маршрутизаторы могут одновременно передавать данные по нескольким маршрутам, также передавать различные типы трафика по различным маршрутам. Коммутаторы поддержива-

ют технологию VLAN, потому существует возможность независимого использования коммутатора различными рабочими группами без пересечения трафиков. Технология 802.1D предотвращает возникновение циклов коммутации внутри каждой виртуальной сети VLAN. Иерархическая схема соединения коммутаторов позволяет моделировать реальную сеть.

Теперь проведем эксперимент на загруженность линий при максимальном использовании сети рабочими станциями. Сначала используем протокол маршрутизации RIP, затем OSPF (рисунок 12). Как видно из рисунка 12, загрузка линии связи при использовании протокола маршрутизации OSPF ниже, чем при использовании RIP. Это происходит из-за возможности балансировки загрузки линий протоколом OSPF.

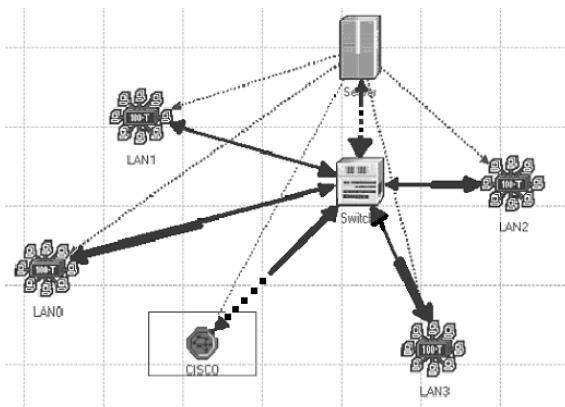


Рисунок 9. Сеть с топологией «Звезда»

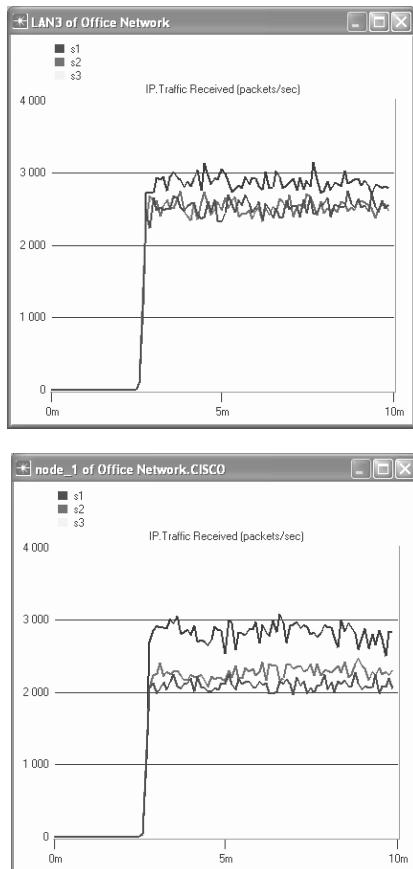


Рисунок 10. Сравнение характеристик трех вариантов сетей

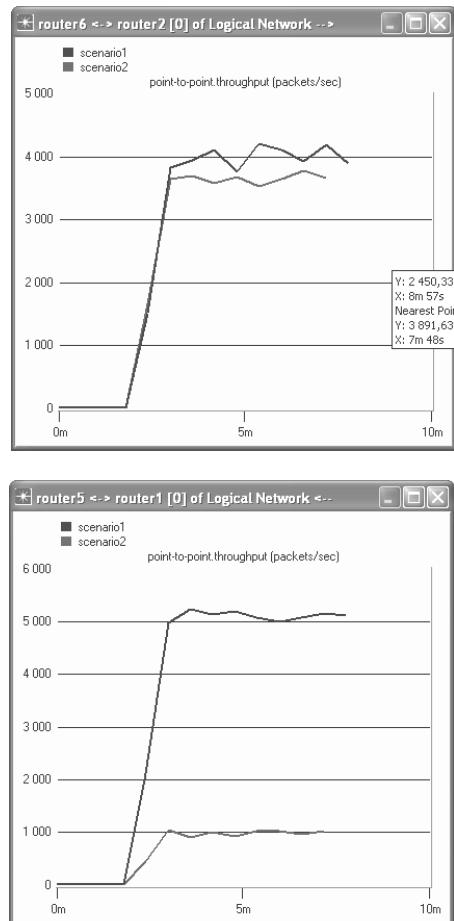


Рисунок 12. Сравнение загрузки линии при использовании RIP и OSPF

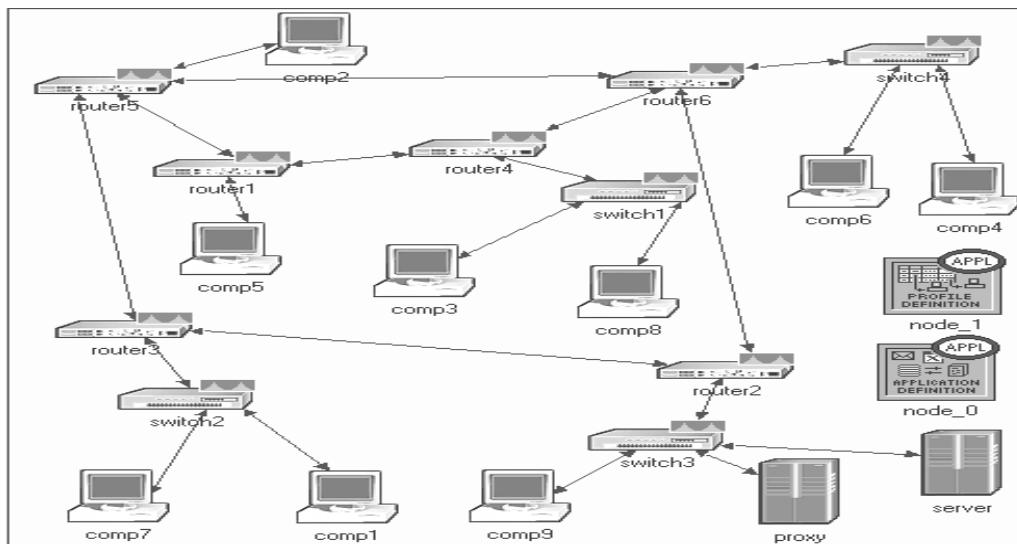


Рисунок 11. Логическая структура сети академии

5. Выводы

1. Программа Opnet Modeler позволяет анализировать как существующие, так и проектируемые сети (в стадии системного проектирования). При использовании Opnet Modeler отпадает необходимость трудоемких расчетов для поиска слабых мест сети. Любую сетевую ситуацию, расширение или преобразование сети можно сначала смоделировать и оценить последствия и только потом начинать монтажные работы и закупку оборудования. Как видно из последних графиков, любое упоминание в деталях может стоить потери пропускной способности каналов в несколько раз. Сравнение различных сценариев развития сети позволит избежать ошибок еще на этапе проектирования и снизить издержки на переработку проекта к минимуму.

2. В результате построения имитационной модели сетей кафедры ВТ и академии

Cisco были собраны статистические данные о различных временных характеристиках функционирования сети. На основании собранных данных можно увидеть наличие перегруженных участков сети, которые являются критическим звеном в функционировании всего сетевого сегмента. Также были проведены эксперименты по модернизации отдельных подсегментов сети с целью повышения общей пропускной способности и отказоустойчивости всей сети в целом. По результатам этих экспериментов были сделаны предложения по реальной модернизации сети путем замены активного оборудования или преобразования топологии сети. Оба варианта являются приемлемыми и способны решить поставленную проблему. Теперь вопрос выбора конкретного варианта зависит от заказчика, а варианты предлагает исследователь.

Список использованной литературы:

1. IT Guru Academic Edition. OPNET Technologies, 2005. http://www.opnet.com/services/university/itguru_academic_edition.html.