

# Моделирование инфокоммуникационных сетей и систем. Моделирование в среде OPNET/Riverbed

Дунайцев Р.А.

Кафедра сетей связи и передачи данных СПбГУТ  
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

[roman.dunaytsev@spbgut.ru](mailto:roman.dunaytsev@spbgut.ru)

Лекция № 4

- 1 История создания
- 2 Riverbed Modeler Academic Edition
- 3 OPNET Modeler
- 4 Этапы моделирования
- 5 Пример
- 6 Генерация случайных величин
- 7 Редакторы OPNET Modeler
- 8 Литература

- 1 История создания
- 2 Riverbed Modeler Academic Edition
- 3 OPNET Modeler
- 4 Этапы моделирования
- 5 Пример
- 6 Генерация случайных величин
- 7 Редакторы OPNET Modeler
- 8 Литература

- В 1986 Ален Коэн (Alain Cohen) и Стивен Баранюк (Steven Baraniuk), студенты MIT, разработали прототип программы для имитационного моделирования сетей, который они назвали 'Optimized Network Engineering Tools' (OPNET)



- В 1986 братья Коэн (Ален и Марк) вместе со Стивеном Баранюком основали **MIL 3, Inc.** (версия ПО 1.1)
- В 2000 MIL 3, Inc. переименована в **OPNET Technologies, Inc.** (версия ПО 7.0)
- В 2012 **Riverbed Technology, Inc.** приобрела OPNET Technologies, Inc. примерно за 1 млрд. долларов (версия ПО 17.5)



- Финансовые показатели OPNET Technologies, Inc.
  - Большие инвестиции в научные исследования и разработки

	Six Months Ended September 30,		Year Ended March 31,				
	2012	2011	2012	2011	2010	2009	2008
(in thousands, except per share amounts)							
<b>Consolidated Statement of Operations Data:</b>							
<b>Revenue:</b>							
Product	\$ 42,115	\$ 40,028	\$ 85,820	\$ 72,392	\$ 52,252	\$ 51,211	\$ 38,838
Product updates, technical support and services	35,004	30,105	62,299	53,392	47,264	43,067	34,787
Professional services	13,972	12,035	24,599	22,202	26,831	28,601	27,721
<b>Total revenue</b>	<b>91,091</b>	<b>82,168</b>	<b>172,718</b>	<b>147,986</b>	<b>126,347</b>	<b>122,879</b>	<b>101,346</b>
<b>Cost of revenue:</b>							
Cost of product	6,734	6,399	14,177	9,293	5,983	3,536	1,035
Product updates, technical support and services	3,311	2,827	5,922	5,260	4,859	4,665	4,514
Professional services	9,360	7,617	16,407	16,183	19,328	20,911	19,154
Amortization of acquired technology	1,418	1,076	2,159	2,050	1,835	2,172	1,486
<b>Total cost of revenue</b>	<b>20,823</b>	<b>17,919</b>	<b>38,665</b>	<b>32,786</b>	<b>32,005</b>	<b>31,284</b>	<b>26,189</b>
<b>Gross profit</b>	<b>70,268</b>	<b>64,249</b>	<b>134,053</b>	<b>115,200</b>	<b>94,342</b>	<b>91,595</b>	<b>75,157</b>
<b>Operating expenses</b>							
Research and development	21,346	18,330	37,781	34,718	32,043	30,791	27,471
Sales and marketing	29,458	26,070	55,413	48,733	43,181	42,533	39,357
General and administrative	7,179	6,293	12,948	12,947	11,011	11,857	11,747
<b>Total operating expenses</b>	<b>57,983</b>	<b>50,693</b>	<b>106,142</b>	<b>96,398</b>	<b>86,235</b>	<b>85,181</b>	<b>78,575</b>
<b>Operating income (loss)</b>	<b>12,285</b>	<b>13,556</b>	<b>27,911</b>	<b>18,802</b>	<b>8,107</b>	<b>6,414</b>	<b>(3,418)</b>
<b>Total other income (expense), net</b>	<b>44</b>	<b>(59)</b>	<b>(87)</b>	<b>(151)</b>	<b>(70)</b>	<b>1,246</b>	<b>3,579</b>
Income before income taxes	12,329	13,497	27,824	18,651	8,037	7,660	161
Provision (benefit) for income taxes	4,681	4,522	9,491	6,250	2,214	2,928	(372)
Net income	\$ 7,648	\$ 8,975	\$ 18,333	\$ 12,401	\$ 5,823	\$ 4,732	\$ 533
<b>Net income per share:</b>							
Basic	\$ 0.33	\$ 0.40	\$ 0.81	\$ 0.57	\$ 0.28	\$ 0.23	\$ 0.03
Diluted	\$ 0.33	\$ 0.39	\$ 0.80	\$ 0.55	\$ 0.28	\$ 0.23	\$ 0.03

- Первым продуктом компании был **OPNET Modeler**, предназначенный для имитационного моделирования сетей и систем связи
- Далее выделилось 3 направления в продуктовой линейке:
  - Управление производительностью приложений
  - Планирование и управление производительностью сетей
  - Исследование и проектирование сетей и систем связи

## Application Performance Management

- » AppTransaction Xpert
- » AppTransaction Xpert Packet Trace Warehouse
- » AppInternals Xpert
- » AppCapacity Xpert
- » AppSQL Xpert
- » AppSensor Xpert
- » AppMapper Xpert
- » Unified Communications Xpert
- » AppResponse Xpert Appliance
- » AppResponse Xpert Rover
- » AppResponse Xpert on RSP
- » AppResponse Xpert VMon
- » AppResponse Xpert v2000
- » AppResponse Xpert for ISR
- » AppResponse Xpert BrowserMetrix
- » OPNET Dashboards

## Network Engineering, Operations & Planning

- » SP Guru Network Planner
- » SP Guru Transport Planner
- » IT Guru Network Planner
- » IT Guru
- » NetOne Bundle for Enterprises
- » VNE Server
- » Report Server
- » IT NetMapper
- » IT Sentinel
- » SP Sentinel
- » OPNET nCompass for Enterprises
- » OPNET nCompass for Service Providers

## Modeling & Simulation

- » OPNET Modeler
- » OPNET Modeler Wireless Suite
- » OPNET Modeler Wireless Suite for Defense

- 'Мы изменили наименования нашей продукции в целях более точного описания их назначения и указания на то, что они являются частью интегрированного решения Riverbed® Application Performance Platform™.'

<a href="#">STEELHEAD ▾</a>	<a href="#">STEELAPP ▾ (STRINGRAY)</a>	<a href="#">STEELCENTRAL ▾ (CASCADE &amp; OPNET)</a>	<a href="#">STEELFUSION ▸ (GRANITE)</a>	<a href="#">STEELSTORE ▸ (WHITEWATER)</a>	<a href="#">PRODUCT LIST (A-Z) ▸</a>
<b>Network Performance Management</b>					
<ul style="list-style-type: none"><li>▸ <a href="#">SteelCentral AppCapacity</a> (AppCapacity Xpert)</li><li>▸ <a href="#">SteelCentral AppResponse</a> (AppResponse Xpert Appliance, Rover, VMon, v2000 &amp; ISR)</li><li>▸ <a href="#">SteelCentral NetAuditor</a> (IT NetMapper, IT Sentinel, SP Sentinel and Provisioner)</li><li>▸ <a href="#">SteelCentral NetCollector</a> (OPNET VNE Server)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▸ <a href="#">SteelCentral NetPlanner</a> (IT Guru, IT Guru Network Planner, SP Guru Network Planner &amp; SP Guru Transport Planner)</li><li>▸ <a href="#">SteelCentral NetProfiler</a> (Cascade Profiler)</li><li>▸ <a href="#">SteelCentral NetSensor</a> (AppSensor Xpert)</li><li>▸ <a href="#">SteelCentral NetShark</a> (Cascade Shark)</li><li>▸ <a href="#">SteelCentral Packet Analyzer</a> (Cascade Pilot)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▸ <a href="#">SteelCentral Report Server</a> (OPNET Report Server)</li><li>▸ <a href="#">SteelCentral RPM Dashboards</a> (OPNET RPM Dashboards)</li><li>▸ <a href="#">SteelCentral Transaction Analyzer</a> (AppTransaction Xpert)</li><li>▸ <a href="#">SteelCentral Transaction Analyzer Packet Trace Warehouse</a> (AppTransaction Xpert Packet Trace Warehouse)</li><li>▸ <a href="#">SteelCentral UCExpert</a> (Unified Communication Xpert)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▸ <a href="#">Riverbed Modeler</a> (Modeler, Modeler Wireless Suite &amp; Modeler Wireless Suite for Defense)</li><li>▸ <a href="#">nCompass</a> (nCompass for Enterprise &amp; nCompass for Service Providers)</li><li>▸ <a href="#">NetOne Bundle for Enterprises</a></li><li>▸ <a href="#">Riverbed AirPCap</a> Wireshark AirPCap</li><li>▸ <a href="#">Riverbed TurboCap</a> Wireshark TurboCap</li></ul>		
<b>Application Performance Management</b>					
<ul style="list-style-type: none"><li>▸ <a href="#">SteelCentral AppInternals</a> (AppInternals Xpert)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▸ <a href="#">SteelCentral AppMapper</a> (AppMapper Xpert)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▸ <a href="#">SteelCentral AppSQL</a> (AppSQL Xpert)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▸ <a href="#">SteelCentral WebAnalyzer</a> (AppResponse BrowserMatrix)</li></ul>		
<b>Central Control and Management</b>					
<ul style="list-style-type: none"><li>▸ <a href="#">SteelCentral Controller for SteelHead</a> (Central Management Console)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▸ <a href="#">SteelCentral Controller for SteelHead Mobile</a> (Steelhead Mobile Controller)</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>▸ <a href="#">SteelCentral Services Controller for SteelApp</a> (Stingray Services Controller)</li></ul>		



- Клиенты OPNET Technologies, Inc.:
- ① **Провайдеры сетей и услуг**
  - British Telecom, Deutsche Telekom, France Telecom, Inmarsat, ...
- ② **Корпорации и государственные службы**
  - Deutsche Post AG, FBI, Oracle, 20th Century Fox, Xerox, ...
- ③ **Производители сетевого оборудования**
  - 3Com Corporation, Cisco Systems, Ericsson, Fujitsu, HP, Nokia, ...
- ④ **Военные и оборонные ведомства**
  - Generic Systems Sweden Ab, NASA, US Air Force, US Army, ...
- ⑤ **ВУЗы в рамках **University Program****
  - Свыше 25,000 студентов и преподавателей используют продукты OPNET в образовательном процессе и научных исследованиях

- Бесплатно или на льготных условиях ВУЗам доступны:

## 1 IT Guru

- Имитационное моделирование сетей и систем связи
- Свыше 800 моделей сетевого оборудования и протоколов

## 2 OPNET Modeler

- IT Guru + исходный код моделей

## 3 OPNET Modeler Wireless Suite

- OPNET Modeler + поддержка беспроводных технологий

## 4 SP Guru Transport Planner

- Планирование и анализ оптических транспортных сетей

## 5 Riverbed Modeler Academic Edition

- Основан на OPNET Modeler версия 17.5
- Предназначен для базовых курсов по сетевым технологиям
- Упрощенная система лицензирования (на 6 месяцев)
- Доступен всем желающим

- Система сертификации OPNET (было!):
  - OPNET Certified Network Planning Professional (OCNPP)
  - OPNET Certified AppTransaction Xpert Professional (OCATXP)
  - OPNET Master-certified Network Management Professional (OMNMP)
  - ...



- Система сертификации Riverbed (будет?):
  - <http://www.riverbed.com/services-training/#Certification>
  - Платное тестирование (\$150?)
  - На базе центров Pearson VUE(?)

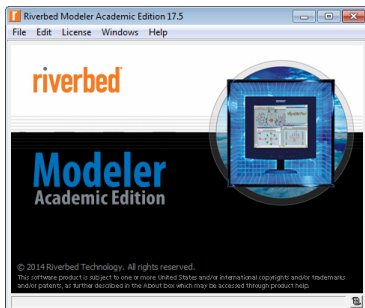


- 1 История создания
- 2 Riverbed Modeler Academic Edition**
- 3 OPNET Modeler
- 4 Этапы моделирования
- 5 Пример
- 6 Генерация случайных величин
- 7 Редакторы OPNET Modeler
- 8 Литература

- Ограничения Riverbed Modeler Academic Edition:
  - Отсутствие специализированных модулей (LTE, UMTS, IPv6 и т.п.)
  - Отсутствие доступа к **Process Editor** и **Node Editor**
  - Ограниченные возможности по экспорту/импорту данных
  - Макс. число событий имитационного моделирования = 50 млн.
  - Макс. число промежуточных узлов в модели сети = 20
  - Макс. число мобильных узлов в модели сети = 20
  - Макс. число всех узлов в модели сети = 80
- Поддерживаемые ОС:
  - **Microsoft:** XP, Server 2003, Server 2008, Vista, 7, 8, 8.1
- modeler\_ae\_175A\_PL7\_13311\_win.exe: ~ 600 МБ

# Riverbed Modeler Academic Edition

- 1 Регистрация
  - [https://rpmapps.riverbed.com/ae/4dcgi/SIGNUP\\_NewUserOther](https://rpmapps.riverbed.com/ae/4dcgi/SIGNUP_NewUserOther)
- 2 Загрузка и установка
  - [https://rpmapps.riverbed.com/ae/4dcgi/COMMUNITY\\_HOME](https://rpmapps.riverbed.com/ae/4dcgi/COMMUNITY_HOME)
- 3 Активация
  - [https://rpmapps.riverbed.com/ae/4dcgi/REG\\_TransactionCode](https://rpmapps.riverbed.com/ae/4dcgi/REG_TransactionCode)



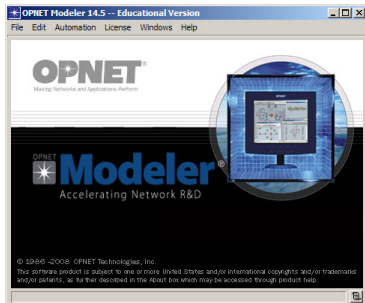
- 1 История создания
- 2 Riverbed Modeler Academic Edition
- 3 OPNET Modeler**
- 4 Этапы моделирования
- 5 Пример
- 6 Генерация случайных величин
- 7 Редакторы OPNET Modeler
- 8 Литература



- Поддерживаемые ОС:
  - **Microsoft:** XP, Server 2003, Server 2008, Vista, 7, 8, 8.1
  - **Linux:** Red Hat Enterprise, Fedora
- В качестве разделителя целой и дробной части числа продукты OPNET используют точку и работают некорректно при использовании запятой в качестве десятичного разделителя
  - Поэтому перед началом работы необходимо выбрать **английский формат чисел**
  - **Windows XP:** Start ⇒ Control Panel ⇒ Regional and Language Options ⇒ Standards and Formats ⇒ English (United States)
  - **Windows 7:** Start ⇒ Control Panel ⇒ Clock, Language, and Region ⇒ Region and Language ⇒ English (United States)

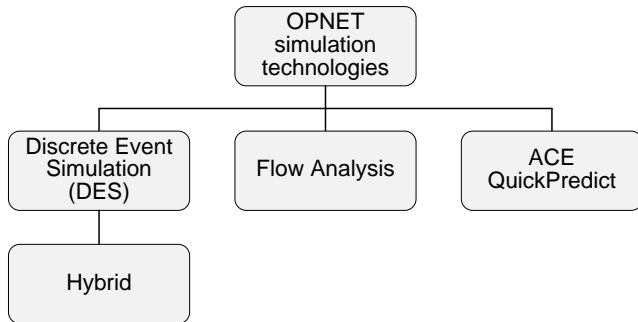
- Для работы OPNET Modeler требуется:
  - **Microsoft:** Visual C/C++ 6.x, Visual Studio .NET 2002, Visual Studio .NET 2003, Visual Studio 2005, Visual Studio 2008, Visual Studio 2010 (включая Express Edition)
  - **Linux:** gcc 3.4 или выше
  - Соответствующая конфигурация переменных среды ОС (Environment Variables)
- Порядок установки:
  - 1 Программа
  - 2 Дополнительные модули (если есть)
  - 3 Библиотека моделей
  - 4 Документация

- Имитационное моделирование в среде OPNET позволяет:
  - Исследовать протоколы и технологии в реалистичных условиях
  - Анализировать нововведения при работе в стандартном окружении
  - Разрабатывать новые протоколы и технологии



- **Графический интерфейс**
  - Простота в работе
- **Отладка программы и анализ данных**
  - Широкий набор возможностей
- **Высокоточное имитационное моделирование**
  - Свыше 800 моделей сетевого оборудования и протоколов
  - Моделирование беспроводных технологий и устройств
- **Масштабируемость**
  - Поддержка 32- и 64-битных ОС
  - Распределенные вычисления
- **Интеграция и открытость**
  - Возможность интеграции с реальными сетями и устройствами
  - Открытый интерфейс для экспорта/импорта данных и т.п.

- OPNET Modeler поддерживает 4 технологии моделирования:
  - Дискретно-событийное (Discrete Event Simulation, DES)
  - Анализ потоков (Flow Analysis)
  - Быстрый прогноз с помощью ACE (ACE QuickPredict)
  - Гибридное (Hybrid)



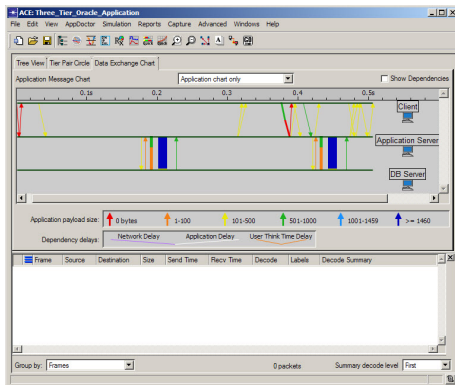
- **Discrete Event Simulation (DES)** позволяет строить детальные имитационные модели, в явном виде имитируя обмен пакетами и сообщениями между узлами сети
- **Плюсы:** DES очень полно имитирует работу сетевого оборудования и ПО
- **Минусы:** За счет подробного моделирования всех аспектов работы реальной сети, DES занимает больше времени и более требовательно к аппаратной части компьютера

- **Hybrid simulation** сочетает аналитическое моделирование для фонового конкурирующего трафика (background traffic) и подробное DES – для исследуемого трафика (explicit traffic)
- **Плюсы:** Время выполнения моделирования меньше, чем в DES
- **Минусы:** Детализация имитационной модели хуже, чем в DES

- **Flow Analysis** использует аналитические методы для моделирования работы сети в стационарном состоянии
  - Flow Analysis не может использоваться для изучения работы сети в переходном (нестационарном) состоянии
  - Как правило, Flow Analysis используется для изучения вопросов маршрутизации и достижимости в стационарном состоянии и при выходе из строя элементов сети
- **Плюсы:** Время выполнения моделирования меньше, чем в DES
- **Минусы:** Детализация имитационной модели хуже, чем в DES



- **ACE QuickPredict** использует аналитические методы для анализа влияния сетевых характеристик (скорость передачи, задержка, потери пакетов и т.п.) на работу приложений
  - Работает на базе **Application Characterization Environment (ACE)**



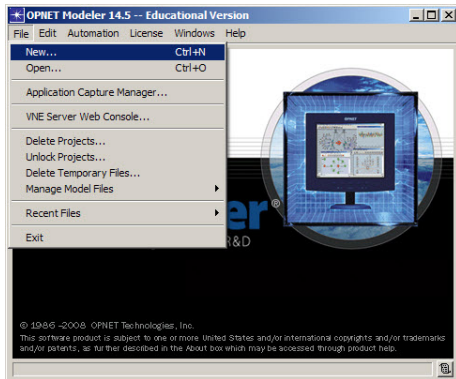
- 1 История создания
- 2 Riverbed Modeler Academic Edition
- 3 OPNET Modeler
- 4 Этапы моделирования**
- 5 Пример
- 6 Генерация случайных величин
- 7 Редакторы OPNET Modeler
- 8 Литература

- Моделирование в среде OPNET строится на создании проекта и сценариев
- **Проект** – набор относящихся к исследуемому вопросу сценариев, в каждом из которых рассматривается некий отдельный аспект функционирования сети
  - В каждом проекте имеется, как минимум, 1 сценарий
- **Сценарий** – имитационная модель сети со своей конфигурацией
  - Сценарии могут отличаться топологией исследуемой сети, используемыми протоколами и приложениями, параметрами трафика, настройками имитационного моделирования и т.п.

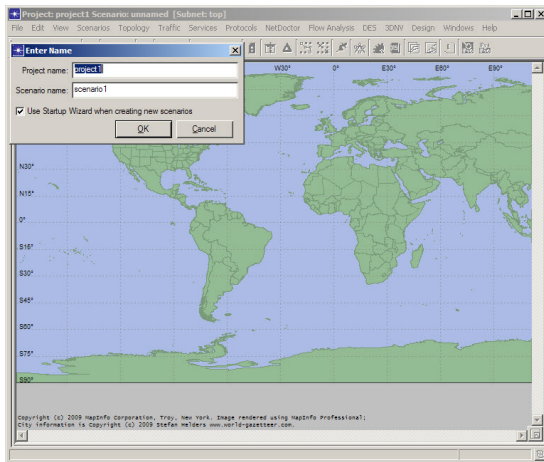
- **Этапы моделирования в среде OPNET :**

- 1 Создание проекта
- 2 Создание исходного сценария
  - Импорт или создание топологии сети
  - Импорт или создание трафика
  - Выбор метрик для сбора статистики
  - Запуск имитационного моделирования
  - Просмотр результатов
- 3 Создание копии сценария
  - Внесение изменений
  - Повторный запуск имитационного моделирования
  - Сравнение полученных результатов
- 4 Вернуться на шаг №3, если требуется

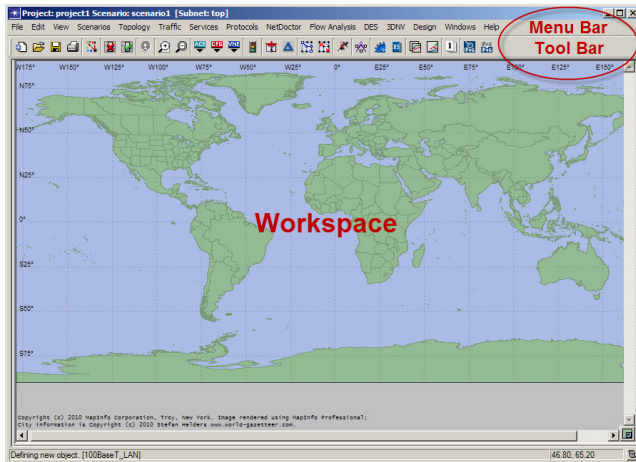
- Создание нового проекта



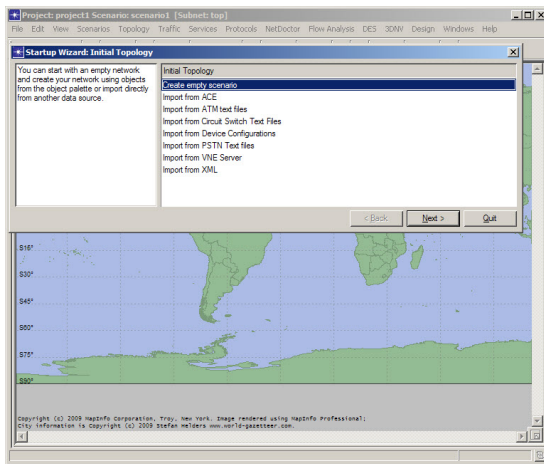
- **Project Editor** – для создания и редактирования моделей сетей



- Окно **Project Editor**



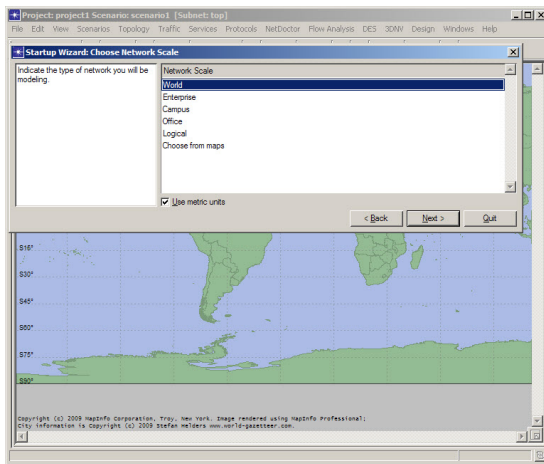
- Выбор исходной топологии



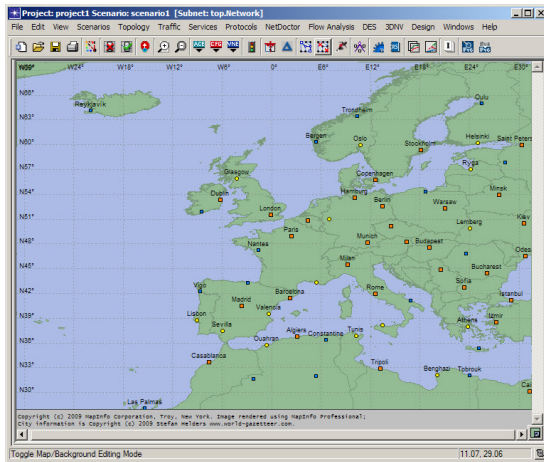


- Методы создания топологии сети:
  - Вручную, перетаскивая объекты из окна **Object Palette** на рабочую область проекта
  - Вручную, в меню выбрав **Topology**  $\Rightarrow$  **Rapid Configuration...**
  - Автоматически, путем **импорта** данных о моделируемой сети из внешнего источника

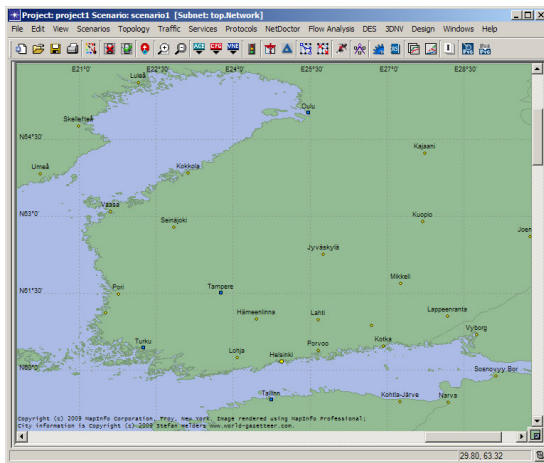
- Выбор масштаба сети



- Выбор географической карты

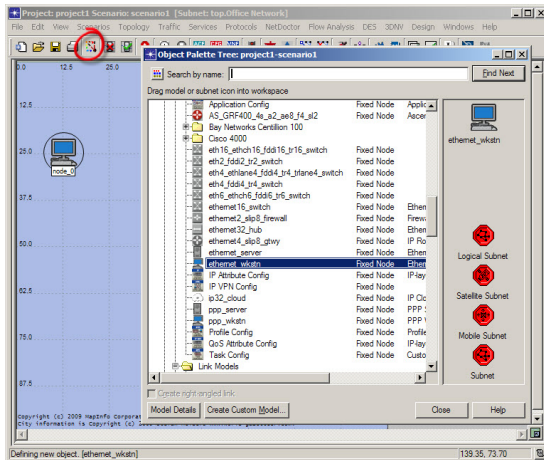


- Изменение масштаба

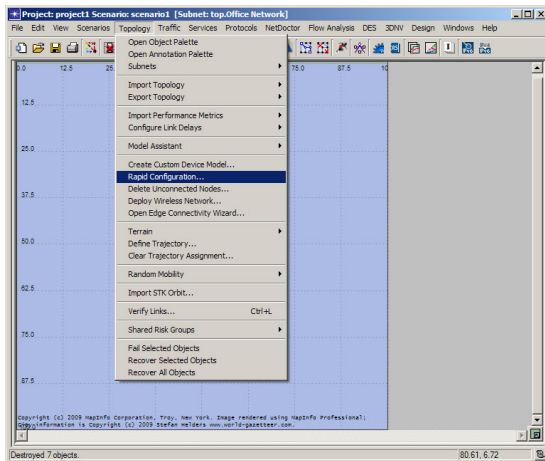


# Этапы моделирования

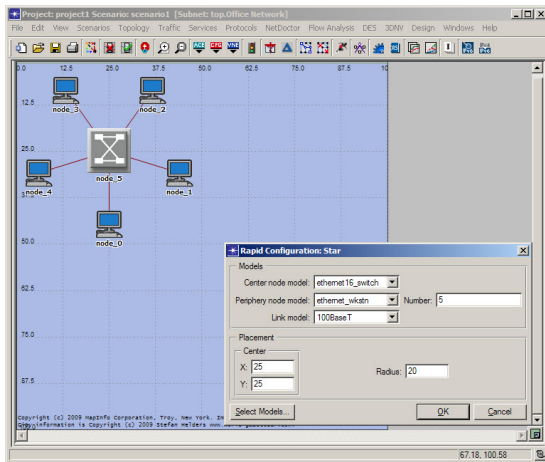
- Перетаскивание объектов из окна **Object Palette** на рабочую область



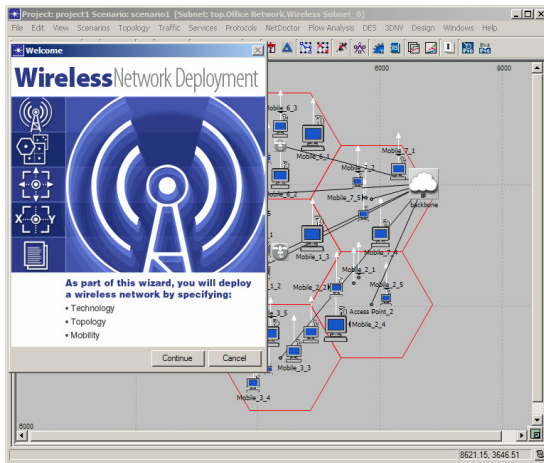
- В меню выбрав **Topology** ⇒ **Rapid Configuration...**, можно быстро построить модель сети, имеющей стандартную топологию



- Доступные топологии: Bus, Mesh (полносвязная структура или неполная со случайной связностью), Ring, Star, Tree и Unconnected Net



- В меню выбрав **Topology** ⇒ **Deploy Wireless Network...**, можно быстро построить модель беспроводной сети

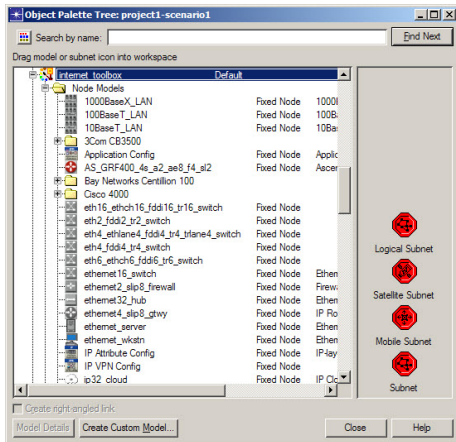




- OPNET Modeler имеет обширную библиотеку моделей сетевого оборудования и протоколов
- **3 типа моделей** :
  - **Стандартные**: входят в состав программы по умолчанию
  - **Пользовательские**: разрабатываются и распространяются пользователями (по желанию)
  - **Специализированные**: разрабатываются под нужды заказчика и требуют отдельной лицензии

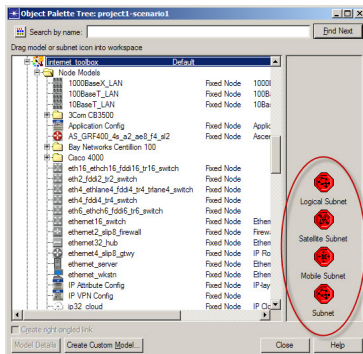
- Стандартная библиотека моделей содержит следующие типы объектов:
  - Подсети (subnet)
  - Узлы (node)
  - Соединительные линии и каналы (link)
  - Локальные и транспортные сети (LAN и cloud)
  - Вспомогательные объекты (utility object)

- Группа моделей/объектов 'internet\_toolbox'



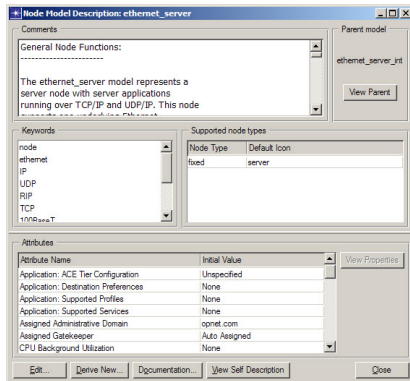
## • Подсети

- Представляют собой **контейнеры** для группирования элементов сети в один объект
- Могут также содержать в себе другие подсети, образуя иерархию
- На самом верху находится так называемая подсеть **top level**



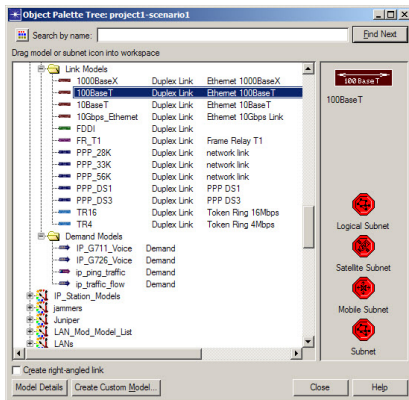
## Узлы

- Представляют собой модели сетевых устройств
- Параметр **node model** задает функционал узла (хаб, коммутатор, маршрутизатор, станция и т.п.)



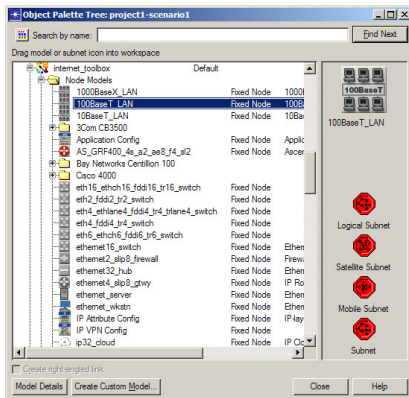
- **Соединительные линии**

- Представляют собой модели среды передачи с соответствующими характеристиками (скорость передачи, задержка, коэффициент ошибок и т.д.)



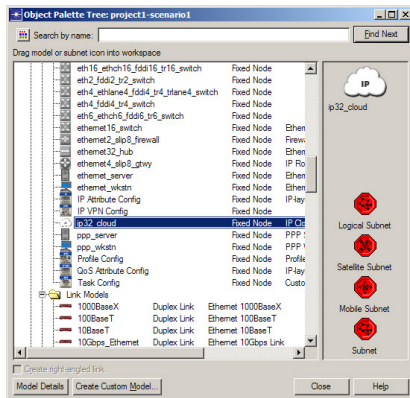
- **Локальные сети**

- Представляют собой модель локальной сети в виде одного объекта
- Существенно упрощают построение модели сети и выполнение имитационного моделирования



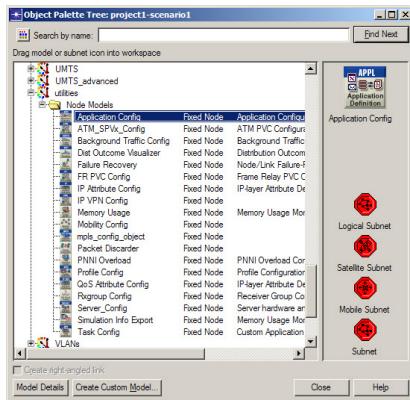
## • Транспортные сети

- Представляют собой модель глобальной сети в виде одного объекта с соответствующими характеристиками (скорость передачи, задержка, коэффициент ошибок и т.д.)
- Моделируют работу сетей на основе ATM, Frame Relay и IP

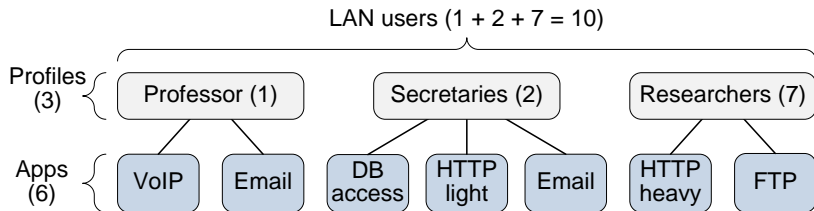




- **Вспомогательные объекты**
  - Не являются моделями сетевых устройств
  - Выполняют логические функции (конфигурация сетевых ресурсов, планирование событий и т.п.)



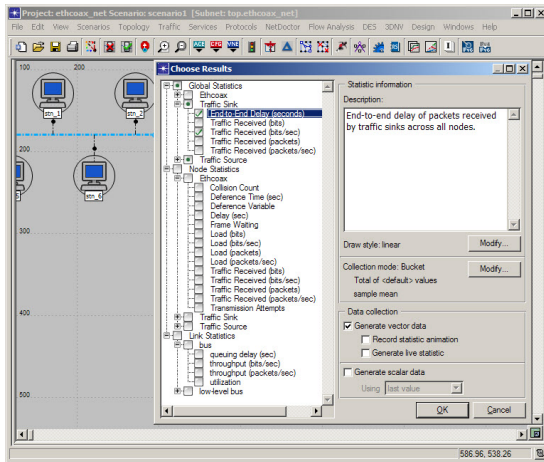
- **Application Config** определяет стандартные и пользовательские приложения, используемые в имитационном моделировании, включая параметры трафика и качества обслуживания
  - Стандартные приложения (Light/Heavy): Database, Email, FTP, HTTP, Print, Remote Login, Video Conferencing, Voice
- **Profile Config** определяет режимы использования приложений пользователем или группой пользователей
  - Одной станции или локальной сети может быть присвоено несколько профилей
  - Эти профили будут задавать различные схемы поведения пользователей



- Профили задают такие схемы активности как:
  - Когда пользователь запускает приложение?
  - Какова длительность использования приложения?
  - Какие приложения используются и как часто?

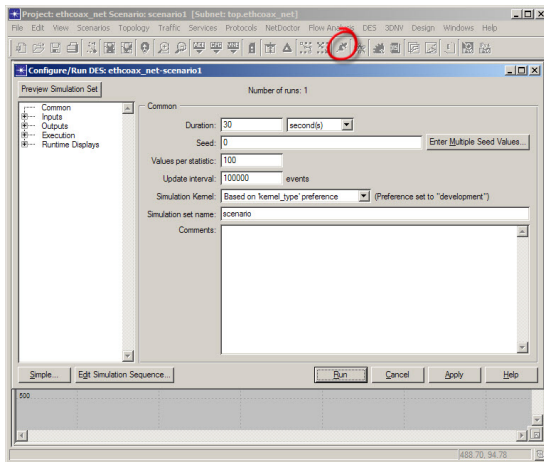
- Сбор статистики
  - В меню выберите **DES** ⇒ **Choose Individual Statistics...**
  - Или щелкните правой кнопкой на рабочей области или объекте и выберите **Choose Individual DES Statistics**
  - Появится окно с метриками, доступными для сбора
- Типы собираемой статистики:
  - **Global:** статистика по всей сети (время отклика приложения и т.п.)
  - **Node:** статистика для отдельных узлов (число коллизий и т.п.)
  - **Link:** статистика для отдельных каналов (коэффициент использования и т.п.)
  - **Module:** статистика для отдельных модулей узла (bursty\_gen, sink, mac и т.п.)

- Диалоговое окно **Choose Results** для выбора метрик



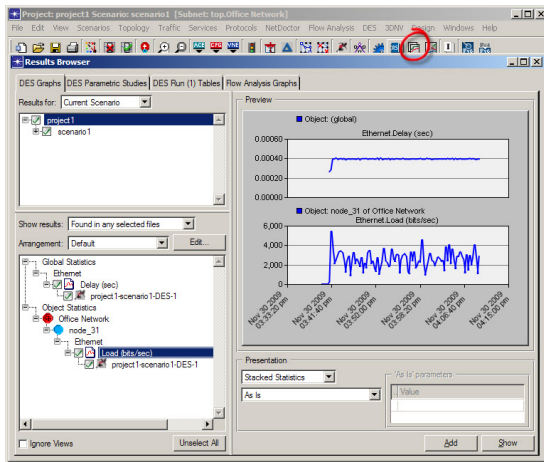
# Этапы моделирования

- В меню выберите **DES** ⇒ **Configure/Run Discrete Event Simulation...**
- Задайте параметры моделирования и нажмите **Run**



# Этапы моделирования

- В меню выберите **DES** ⇒ **Results** ⇒ **View Results...**
- Или щелкните правой кнопкой на рабочей области и выберите **View Results**



- 1 История создания
- 2 Riverbed Modeler Academic Edition
- 3 OPNET Modeler
- 4 Этапы моделирования
- 5 Пример**
- 6 Генерация случайных величин
- 7 Редакторы OPNET Modeler
- 8 Литература



- **'Small Internetworks'**
- В этом примере изучается вопрос расширения локальной сети небольшой компании
- Изначально на первом этаже офисного здания имеется сервер и сеть с топологией 'звезда'
- Планируется развернуть аналогичную сеть на втором этаже
- Требуется убедиться, что нагрузка, создаваемая пользователями второй сети, не приведет к ухудшению работы всей сети

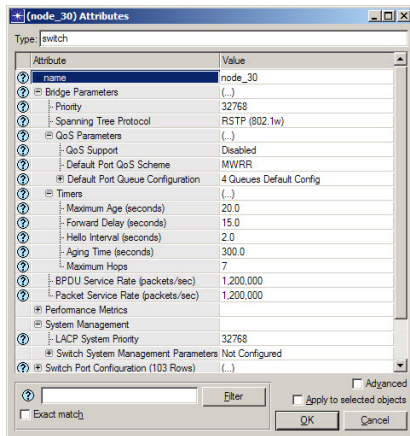
- **Создание сети**
- **Initial Topology:** Create empty scenario
- **Choose Network Scale:** Office & Use metric units
- **Specify Size:** 100 m x 100 m
- **Select Technologies:** Sm\_Int\_Model\_List

- **Rapid Configuration:** Star
- **Center Node Model:** 3C\_SSII\_1100\_3300\_4s\_ae52\_e48\_ge3
- **Periphery Node Model:** Sm\_Int\_wkstn
- **Number (of periphery nodes):** 30
- **Link Model:** 10BaseT
- **Center X x Y:** 25 x 25
- **Radius:** 20
- **Object Palette:**
  - Sm\_Int\_server
  - 10BaseT
  - Sm\_Application\_Config
  - Sm\_Profile\_Config

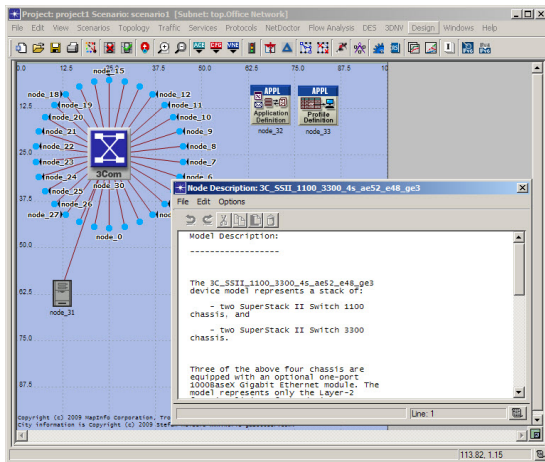
- Чтобы посмотреть описание узла, щелкните на нем правой кнопкой и выберите **View Node Description**
- '3C\_SSII\_1100\_3300\_4s\_ae52\_e48\_ge3' представляет собой стек из 4 коммутаторов (4s) компании 3Com (3C):
  - SuperStack II 1100 (SSII\_1100) – 2 шт.
  - SuperStack II 3300 (SSII\_3300) – 2 шт.
- 52 порта Ethernet с автоматическим выбором (auto-sensing) скорости передачи (ae52)
- 48 портов Ethernet (e48)
- 3 порта Gigabit Ethernet (ge3)



- Сравните с абстрактным узлом в NS2
  - `set node_30 [$ns node]`



- Исходная сеть



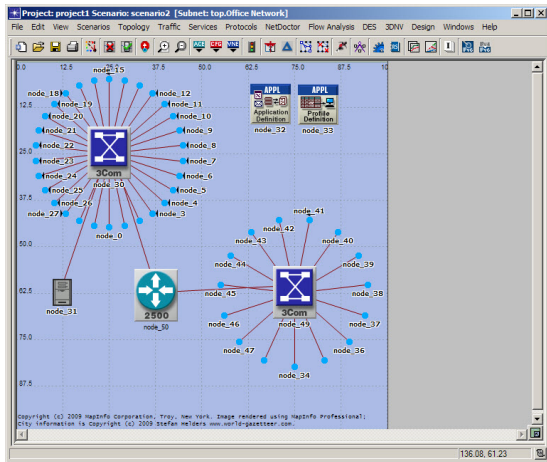
- Справится ли сервер с дополнительной нагрузкой, создаваемой второй сетью?
  - **Modeler**: щелкните правой кнопкой на сервере и выберите **Individual DES Statistics** ⇒ **Node Statistics** ⇒ **Ethernet** ⇒ **Load (bits/sec)**
- Будет ли среднее время доставки кадра после расширения сети приемлемым?
  - **Modeler**: щелкните правой кнопкой на рабочей области и выберите **Individual DES Statistics** ⇒ **Global Statistics** ⇒ **Ethernet** ⇒ **Delay (sec)**
- Время имитационного моделирования 30 минут

- **Расширение сети**
- **Rapid Configuration: Star**
- **Center Node Model: 3C\_SSII\_1100\_3300\_4s\_ae52\_e48\_ge3**
- **Periphery Node Model: Sm\_Int\_wkstn**
- **Number (of periphery nodes): 15**
- **Link Model: 10BaseT**
- **Center X x Y: 75 x 62.5**
- **Radius: 20**
- **Object Palette: Cisco 2514 и 2 соединительные линии 10BaseT**

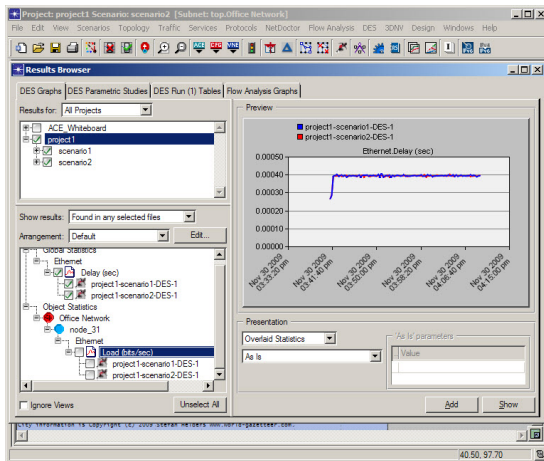




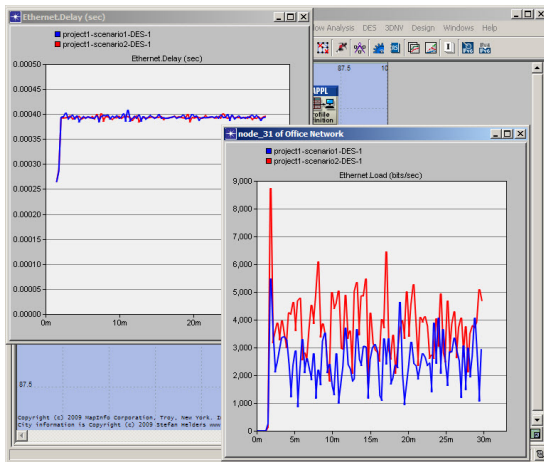
- Расширенная сеть



- **Modeler**: выберите в меню **DES** ⇒ **Results** ⇒ **Compare Results...**



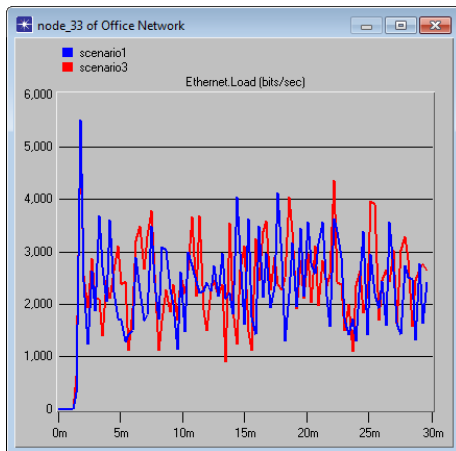
- Средняя нагрузка на сервер в новом сценарии оказалась выше
- Но среднее время доставки кадра существенно не изменилось



- 1 История создания
- 2 Riverbed Modeler Academic Edition
- 3 OPNET Modeler
- 4 Этапы моделирования
- 5 Пример
- 6 Генерация случайных величин**
- 7 Редакторы OPNET Modeler
- 8 Литература

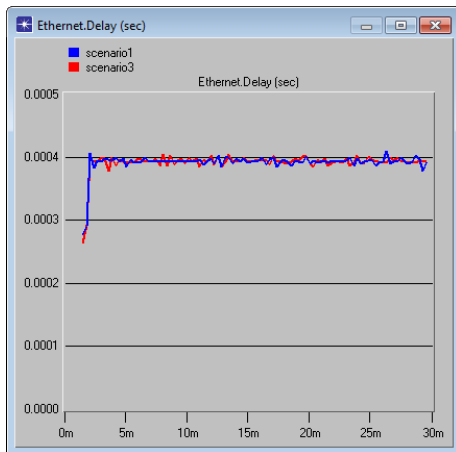
# Генерация случайных величин

- Средняя нагрузка на сервер в исходном сценарии
- **Seed: 128 vs. 256**



# Генерация случайных величин

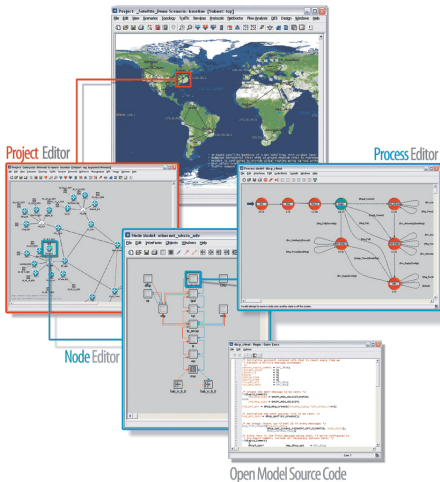
- Среднее время доставки кадра в исходном сценарии
- **Seed:** 128 vs. 256



- 1 История создания
- 2 Riverbed Modeler Academic Edition
- 3 OPNET Modeler
- 4 Этапы моделирования
- 5 Пример
- 6 Генерация случайных величин
- 7 Редакторы OPNET Modeler**
- 8 Литература

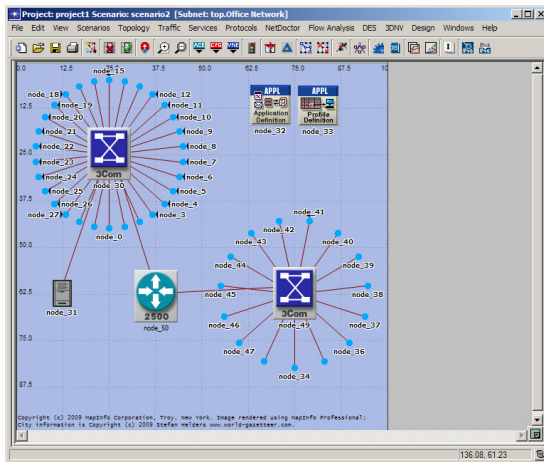
# Редакторы OPNET Modeler

- Набор иерархических редакторов для редактирования топологии сети, оборудования, протоколов и алгоритмов

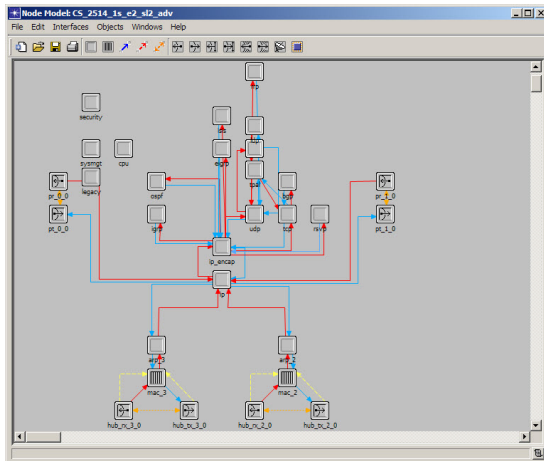




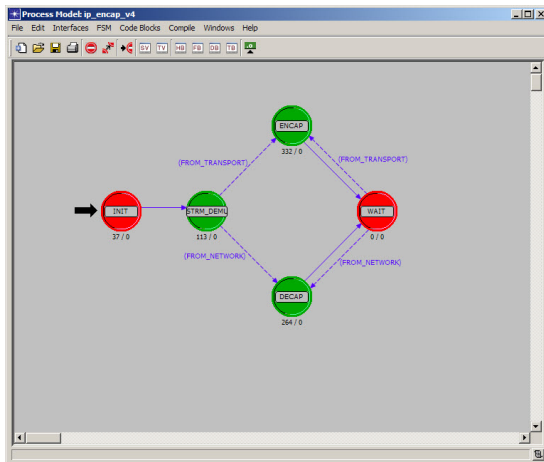
- **Project Editor** – для создания и редактирования моделей сетей



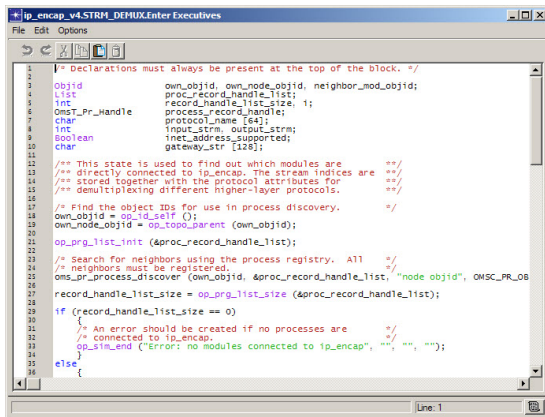
- **Node Editor** – для создания и редактирования моделей узлов



- **Process Editor** – для задания модели процесса в виде конечного автомата, который переходит из одного состояния в другое под влиянием получаемых сигналов/данных



- Действия, выполняемые моделью процесса, задаются на C/C++



```
1 /* Declarations must always be present at the top of the block. */
2
3 Objid          own_objid, own_node_objid, neighbor_mod_objid;
4 List          proc_record_handle_list;
5 int          record_handle_list_size, 1;
6 OmsT_Pr_Handle process_record_handle;
7 char         protocol_name [64];
8 int          input_strm, output_strm;
9 Boolean      inet_address_supported;
10 char        gateway_str [128];
11
12 /* This state is used to find out which modules are
13 /* directly connected to ip_encap. The stream indices are
14 /* stored together with the protocol attributes for
15 /* demultiplexing different higher-layer protocols.
16
17 /* Find the object IDs for use in process discovery.
18 own_objid = op_id_self ();
19 own_node_objid = op_topo_parent (own_objid);
20
21 op_prg_list_init (&proc_record_handle_list);
22
23 /* Search for neighbors using the process registry. All
24 /* neighbors must be registered.
25 oms_pr_process_discover (own_objid, &proc_record_handle_list, "node_objid", OMS_PR_OB
26
27 record_handle_list_size = op_prg_list_size (&proc_record_handle_list);
28
29 if (record_handle_list_size == 0)
30 {
31     /* An error should be created if no processes are
32     /* connected to ip_encap.
33     op_sim_end ("Error: no modules connected to ip_encap", "", "", "");
34 }
35 else
36 {
```

- 1 История создания
- 2 Riverbed Modeler Academic Edition
- 3 OPNET Modeler
- 4 Этапы моделирования
- 5 Пример
- 6 Генерация случайных величин
- 7 Редакторы OPNET Modeler
- 8 Литература**

- 1 М.А. Маколкина, 'Моделирование сетей связи с применением пакета OpNet: методические указания к лабораторным работам,' – СПб.: СПбГУТ, 2009
- 2 A. Sethi, V. Hnatyshin, 'The Practical OPNET User Guide for Computer Network Simulation', CRC Press, 2012
- 3 Z. Lu, H. Yang, 'Unlocking the Power of OPNET Modeler', Cambridge Press, 2012