

网络仿真技术与应用丛书

OPNET Modeler

与网络仿真

张 铭 窦赫蕾 常春藤 编著

□ 书中实例的源文件可到
人民邮电出版社网站下载

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

网络仿真技术与应用丛书

OPNET Modeler 与网络仿真

张 铭 窦赫蕾 常春藤 编著

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

OPNET Modeler 与网络仿真 / 张铭, 窦赫蕾, 常春藤编著. —北京: 人民邮电出版社, 2007.9
(网络仿真技术与应用丛书)

ISBN 978-7-115-16438-4

I. O… II. ①张…②窦…③常… III. 计算机网络—计算机仿真—应用软件, OPNET Modeler IV. TP393.01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 091867 号

内 容 提 要

OPNET Modeler 是一款用于网络仿真的软件, 它主要面向网络设计专业人士, 能够满足大型复杂网络的仿真需要, 为技术人员提供一个网络技术和产品开发平台, 可以帮助他们设计和分析网络、网络设备和通信协议。OPNET Modeler 具有三层建模机制、离散事件驱动、完备的模型库、基于数据包的通信等特点, 大大提高了网络仿真的方便性和灵活性。

本书旨在帮助读者在阅读软件帮助文件时, 更方便快捷地使用 OPNET Modeler (下文将其简称为 OPNET)。全书共分为 12 章, 通过 3 个部分完成了对 OPNET 仿真环境和工具集的介绍、OPNET 的编程思想和 OPNET 系统建模实例的讲解以及 OPNET 的高级应用等。第 1~4 章介绍了 OPNET 的基础知识, 使读者能够进行一些简单网络的设置; 第 5~9 章对 OPNET 的建模特点进行了详细的讲解, 使读者能够自定义设置网络; 第 10~12 章对 WiMAX 网络进行了简单的介绍, 并讲述了搭建 WiMAX 系统模型的整个过程。

本书可供使用 OPNET 进行网络仿真、网络协议研究开发、网络规划、网络性能优化等工作的技术人员阅读参考。本书也可作为高等院校通信、网络及相关专业的研究生和高年级本科生的学习参考用书。

网络仿真技术与应用丛书

OPNET Modeler 与网络仿真

- ◆ 编 著 张 铭 窦赫蕾 常春藤
责任编辑 刘 洋
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京华正印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16.75
字数: 399 千字
印数: 1—4 000 册
- 2007 年 9 月第 1 版
2007 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16438-4/TN

定价: 33.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223

前 言

当前,网络技术迅速发展,网络建设势头迅猛,如何高效地建立网络模型、设计网络协议,如何对现有网络模型做出修改以提高其性能,如何比较多个网络规划的性能优越性等,都需要网络仿真的支持。网络仿真是近年来兴起的一种专业网络研究技术,它借助于软件工具,将网络抽象为数据模型,并仿真网络的实际运行,从仿真结果中对网络性能做出评估,以便进行网络研究和建设。网络仿真需要借助网络仿真软件的帮助。在现有的各种网络仿真软件中,OPNET 以友好的界面、相对短的上手时间以及对高校优惠的价格,吸引了大量的网络研究人员,尤其是高校师生。

目前的网络仿真软件以 OPNET 与 NS-2 为主。NS-2 需要 Linux 基础,采用命令行操作,入门需要半年至一年的时间,大大限制了其使用人群。OPNET 友好的用户界面、商业化的开发使操作难度大为降低,但由于网络仿真固有的复杂性,对于普通水平的初学者,入门也需要 3 个月左右。针对这个问题,本书基于作者对 OPNET 软件的研究,帮助读者由浅入深地了解和使用 OPNET。

本书基于 OPNET Modeler 10.0,通过大量实例讲解 OPNET 独特的编程思想,如创建公司内部局域网,对队列进行仿真,模拟公司间业务的传输,创建无线移动网络,发布仿真结果的 Web 报告等。由于 WiMAX 网络是当前的研究热点,因此本书对 WiMAX 网络进行了 OPNET 仿真,为读者提供了对大型网络建模的帮助。

本书分为 3 个部分,每个部分都包括理论的讲解和相应的实验内容,帮助读者更好地理解 and 掌握。

第一部分包括第 1~4 章,是 OPNET 入门部分,介绍了 OPNET 的基础知识。这一部分的目的是使读者能够利用 OPNET Modeler 所提供的模型,进行一些简单网络的设置。

第二部分包括第 5~9 章,指导读者对 OPNET 进行进一步的学习。目的是使读者能够在 OPNET Modeler 所提供的模型基础之上进行一些自定义的设置,以满足个性化的需求,同时要求读者根据需要学习一些特殊的功能,如无线模块、ODB 调试等。

第三部分包括第 10~12 章,是 OPNET 的高级应用部分。这一部分对 WiMAX 网络进行了简单的介绍,之后详细讲述了搭建 WiMAX 系统模型的整个过程,最后使用该系统平台进行仿真与性能研究。这部分内容重要且复杂,学习好本书第一和第二部分的基础知识是参透本部分内容的基础。

感谢窦赫蕾同我合作完成了这本书的编写工作,我们互相讨论解决了很多问题。同时对田辉教授致以崇高的谢意。感谢陈春明对本书构思提供的帮助。

由于作者水平和编写时间的限制,书中可能存在很多不甚完善之处,欢迎读者批评指正。作者的联系方式为:opnet.study@gmail.com。本书责任编辑的联系方式为:liuyang@ptpress.com.cn。

说明:书中实例的源文件可到人民邮电出版社网站上下载。

张 铭

2007 年 4 月于北京邮电大学

目 录

第一部分 OPNET 入门

第 1 章 OPNET 仿真概述	1
1.1 网络仿真概述	1
1.2 OPNET 的历史	2
1.3 OPNET 家族	3
1.3.1 Modeler	3
1.3.2 ITGuru	5
1.3.3 SPGuru	5
1.3.4 WDMGuru	6
1.3.5 附加模块	7
第 2 章 OPNET Modeler 的安装和文件	9
2.1 OPNET Modeler 的安装	9
2.2 OPNET 常用文件格式	10
2.3 文件管理	12
第 3 章 OPNET Modeler 开发环境介绍	15
3.1 项目编辑器	15
3.1.1 主菜单	16
3.1.2 弹出菜单	16
3.1.3 工具栏	18
3.1.4 启动向导的使用	19
3.1.5 添加对象	21
3.1.6 场景管理	23
3.2 节点编辑器	25
3.2.1 主菜单	25
3.2.2 弹出菜单	26
3.2.3 工具栏	26
3.2.4 节点编辑器接口	27
3.3 进程编辑器	27
3.3.1 主菜单	28
3.3.2 弹出菜单	29
3.3.3 工具栏	29
3.4 链路编辑器	30
3.4.1 主菜单	31
3.4.2 链路编辑器操作	31

3.5 包格式编辑器	32
3.5.1 主菜单	32
3.5.2 工具栏	34
3.6 探针编辑器	34
3.6.1 主菜单	34
3.6.2 弹出菜单	35
3.6.3 探针编辑器的基本操作	36
3.7 天线模式编辑器	37
3.7.1 主菜单	38
3.7.2 弹出菜单	39
3.7.3 天线模式编辑器的基本操作	39
3.7.4 创建天线模式	42
3.8 调制曲线编辑器	42
3.8.1 主菜单	43
3.8.2 调制曲线编辑器的基本操作	44
第4章 网络建模举例	46
4.1 公司网络	46
4.1.1 建立网络	46
4.1.2 收集变量	53
4.1.3 运行仿真并查看结果	54
4.2 队列的考察	55
4.2.1 创建发送节点	56
4.2.2 创建接收节点	57
4.2.3 自定义链路模型	59
4.2.4 建立网络模型并选择统计量	59
4.2.5 添加注释	63
4.2.6 运行仿真、查看结果	67
4.3 业务传输	69
4.3.1 创建数据包格式	69
4.3.2 创建发送节点	69
4.3.3 创建接收节点	73
4.3.4 自定义链路	75
4.3.5 创建网络模型	76
4.3.6 收集统计量	78
4.3.7 运行仿真	80
4.4 自定义进程	81
4.4.1 创建数据包处理模块	82
4.4.2 创建数据包产生模块	86
4.4.3 创建新场景	89

4.4.4 运行仿真	91
第二部分 OPNET Modeler 的深入学习	
第 5 章 OPNET 的通信仿真机制	95
5.1 三层建模机制	96
5.1.1 网络域	97
5.1.2 节点域	98
5.1.3 进程域	99
5.2 离散事件仿真机制	100
5.2.1 OPNET 的事件仿真过程	100
5.2.2 同一仿真时刻多事件的处理	101
5.3 OPNET 通信机制	102
5.3.1 基于包的通信	102
5.3.2 使用接口控制信息的通信	104
5.3.3 基于链路的通信	106
5.4 OPNET 软件中业务的设置	107
5.4.1 简介	107
5.4.2 明确产生的业务	108
5.4.3 链路的背景负载	116
5.4.4 导入业务	118
5.4.5 仿真中业务增长的设置	122
5.5 流分析模块的使用	127
5.5.1 流分析模块简介	127
5.5.2 使用 IP 流分析	129
5.5.3 观察链路应用和吞吐量	136
5.5.4 IP 报告	137
第 6 章 OPNET 核心函数	140
6.1 核心函数简介	140
6.1.1 核心函数命名规则	140
6.1.2 OPNET 自定义参数类型	140
6.1.3 变量命名限制	143
6.2 内部模型访问函数集	143
6.2.1 对象属性类内部模型访问函数	143
6.2.2 仿真属性类内部模型访问函数	144
6.2.3 位置类内部模型访问函数	144
6.2.4 其他内部模型访问函数	145
6.3 包函数集	145
6.3.1 常规操作类包函数	146
6.3.2 域操作类包函数	148

6.3.3	名称域操作类包函数	149
6.3.4	数值向量类域函数	150
6.4	标识函数集	150
6.5	拓扑函数集	151
6.6	接口控制信息函数集	152
6.7	仿真函数集	153
6.8	流函数集	153
6.9	中断函数集	154
6.9.1	与类型相关的中断函数	154
6.9.2	与设置相关的中断函数	155
6.10	分布函数集	156
6.11	进程函数集	156
6.11.1	进程的创建、调用和销毁	156
6.11.2	进程的识别	157
6.11.3	内存共享机制中的进程函数	157
6.12	事件函数集	158
第 7 章	数据采集、分析和结果发布	160
7.1	仿真结果输出类型	160
7.2	收集统计量	161
7.2.1	矢量统计量的收集	162
7.2.2	标量统计量的收集	164
7.2.3	常用到的函数	165
7.3	仿真序列的实现方法	166
7.4	查看仿真结果	170
7.4.1	矢量统计量查看方法	170
7.4.2	标量统计量查看方法	171
第 8 章	无线信道建模	173
8.1	无线信道建模介绍	173
8.1.1	无线对象	173
8.1.2	移动性建模	174
8.2	无线收发机管道阶段详述	179
8.2.1	阶段 0: 接收机组	180
8.2.2	阶段 1: 传输时延	181
8.2.3	阶段 2: 链路闭锁	182
8.2.4	阶段 3: 信道匹配	182
8.2.5	阶段 4: 发射机天线增益	183
8.2.6	阶段 5: 传播时延	183
8.2.7	阶段 6: 接收机天线增益	184
8.2.8	阶段 7: 接收机功率	184

8.2.9 阶段 8: 背景噪声	185
8.2.10 阶段 9: 干扰噪声	185
8.2.11 阶段 10: 信噪比	186
8.2.12 阶段 11: 误比特率	186
8.2.13 阶段 12: 错误分布	187
8.2.14 阶段 13: 纠错	187
8.3 并行仿真	188
8.3.1 配置并行仿真	188
8.3.2 多线程安全	189
8.4 创建一个无线移动网络	189
8.4.1 创建固定的发射机节点	190
8.4.2 创建接收机移动节点	191
8.4.3 创建网络模型	192
8.4.4 收集统计量	194
8.4.5 运行仿真并查看结果	194
第 9 章 OPNET 程序调试	198
9.1 日志文件	198
9.1.1 离散事件仿真日志文件	199
9.1.2 错误日志文件	200
9.2 ODB 调试	202
9.2.1 调用 ODB	202
9.2.2 基本操作	204
9.3 VC 联调	207
9.3.1 设置环境变量	208
9.3.2 启动并绑定 VC	209
9.3.3 常见问题举例	209
第三部分 OPNET Modeler 的高级应用——IEEE 802.16e 系统级建模与仿真	
第 10 章 IEEE 802.16e 无线网络概述	211
10.1 IEEE 802.16e 网络特性	211
10.1.1 系统组成	212
10.1.2 IEEE 802.16e 系统技术优势	214
10.1.3 IEEE 802.16e 网络应用场景	215
10.2 系统建模与仿真的需求分析	215
第 11 章 IEEE 802.16e 系统平台建模	217
11.1 网络结构设计	217
11.1.1 进程域建模	217
11.1.2 节点域建模	227
11.1.3 网络域建模	230

11.2 业务建模	233
11.2.1 业务模型	234
11.2.2 TCP/IP 层开销大小	238
第 12 章 仿真操作与结果分析	240
12.1 仿真基本输入参数	240
12.1.1 bs 节点参数设置	240
12.1.2 mss 节点参数设置	241
12.1.3 phy 节点参数设置	241
12.2 选择统计量	242
12.3 运行仿真操作步骤	243
12.4 查看结果	250
12.5 仿真与评估指标	252
参考文献	254

第一部分 OPNET 入门

第1章 OPNET 仿真概述

随着信息时代的到来,网络规模逐渐扩大、网络拓扑结构日益复杂,开发者在规划和设计网络时,单纯依靠经验、试验和理论计算已显得非常困难。然而如果采用真实的网络环境进行研究和开发,不仅增加了网络设计成本,而且不稳定的网络环境也不利于数据的统计和分析。这些要求使得网络仿真技术已经逐渐成为网络规划、设计和开发中的主流技术。OPNET (Optimal Network Engineering Tools) 是当前的主流网络仿真软件之一,本章将使读者对 OPNET 产品有一个总体的了解。

1.1 网络仿真概述

在网络迅速膨胀的今天,网络研究人员一方面要不断思考新的网络协议和算法,为网络发展做前瞻性的基础研究;另一方面也要研究如何利用和整合现有的资源,使网络达到最高效能。无论是哪一方面都需要对新的网络方案进行验证和分析。进行网络技术的研究一般有以下3种手段。

(1) 分析方法。对所研究的对象和所依存的网络系统进行初步分析,根据一定的限定条件和合理假设,对研究对象和系统进行描述,抽象出研究对象的数学分析模型,利用数学分析模型对问题进行求解。

(2) 实验方法。设计出研究所需要的合理硬件和软件配置环境,建立测试床和实验室,在现实的网络上实现对网络协议、网络行为和网络性能的研究。

(3) 仿真方法。应用网络仿真软件建立所研究的网络系统的模拟模型,然后在计算机上运行这个模型,并分析运行的输出结果。

然而,分析方法的有效性和精确性受假设限制很大。当一个系统很复杂时,就无法用一些限制性假设来对系统进行详细描述。实验方法的局限性在于成本很高,重新配置或共享资源很难,运用起来不灵活。而仿真方法在很大程度上可以弥补前两种方法的不足。仿真方法可以根据需要设计所需的网络模型,用相对较少的时间和费用了解网络在不同条件下的各种特性,获取网络研究的丰富有效的数据。无疑,网络仿真技术是一种研究网络规划与设计的有效工具。

网络仿真技术是一种通过建立网络设备、链路和协议模型,并模拟网络流量的传输,从而获取网络设计和优化所需要的网络性能数据的仿真技术。网络模型不仅可以在实施之前预测拓扑和设备规划,还有助于在网络的运行中保持其有效性。网络仿真也被称为网络模拟,

就是用计算机程序对通信网络进行模型化,通过程序的运行模仿通信网络的运行过程。因为对各种网络仿真过程来说,其中也有“模拟”的含义,即,网络仿真既可以取代真实的应用环境得出可靠的运行结果和数据,也可以模仿一个系统运行过程中的某些行为和特征。网络仿真提供了一个方便、高效的验证和分析方法,所以网络仿真技术在现代通信网络设计和研究中的作用正变得越来越大。

网络仿真技术具有以下显著特点。

(1) 网络仿真能够为网络的规划设计提供可靠的定量依据。

网络仿真技术能够迅速地建立起现有网络的模型,能够方便地修改模型并进行仿真,这使得网络仿真非常适用于预测网络的性能,回答“WHAT...IF...”这样的问题。例如:“如果网络扩容,那么骨干中继链路带宽需要扩大多少?”“如果网络上增设新的业务,那么对网络性能有什么影响?网络上的哪些链路或网络设备需要升级和改造?”“如果网络拟采用新的技术升级,那么网络的性能会有多大幅度的改善?这种改善与投入相比是否值得?同时新技术的引进是否会带来负面影响?”

(2) 网络仿真能够验证实际方案或比较多个不同的设计方案。

在网络规划设计过程中经常出现多个不同的设计方案,它们往往是各有优缺点,很难作出正确的选择,因此如何进行科学的比较和取舍往往是网络设计者们感到头疼的事。网络仿真能够通过为不同的设计方案建立模型,进行模拟,获取定量的网络性能预测数据,为方案的验证和比较提供可靠的依据。这里所指的设计方案可以是网络拓扑结构、路由设计、业务配置等。

1.2 OPNET 的历史

OPNET 公司是全球领先的决策支持工具提供商,总部在美国华盛顿特区,主要面向网络领域的专业人士,为网络专业人士提供基于软件方面的预测解决方案。OPNET 公司最早是由麻省理工学院(MIT)信息决策实验室受美国军方委托而成立的。1987 年 OPNET 公司发布了第 1 个商业化的网络仿真软件,提供了具有重要意义的网络性能优化工具,使得具有预测性的网络性能管理和仿真成为可能。1987 年以来,OPNET 迅速而稳步地发展,作为高科技网络规划、仿真及分析工具,OPNET 在通信、国防及计算机网络领域已经被广泛认可和采用。成千上万的组织使用 OPNET 软件来优化网络性能、最大限度地提高通信网络和应用的可用性。至今 OPNET 已经升级到了 11.5 以上版本。它的产品线除了 Modeler 外,还包括 IT Guru、SP Guru、OPNET Development Kit 和 WDM Guru 等。

OPNET 的产品主要针对网络服务提供商、网络设备制造商和一般企业这 3 类客户。OPNET 目前在全球有超过 5000 个客户,在全美设立了 4 个办事处,分别在加州、德州、北卡罗来纳州及马萨诸塞州,另外,OPNET 也在全球设立了 4 个办事处,分别为法国的巴黎、英国的剑桥、澳大利亚的悉尼以及比利时的根特。新加坡经纬线科技公司是 OPNET 产品在亚洲地区的总代理。OPNET 的全球部分电信级运营商客户,如 AT&T、NTT DoCoMo、France Telecom 等,这部分客户相对于中型企业,具有更复杂的网络结构和协议配置,因此管理起来更复杂。OPNET 利用高网络智能来辅助运营商的网管人员管理网络,同时

OPNET 具有很好的开放型和互联性,可以和当前很多流行的网络管理和监控软件一起协同工作,如 HP 公司的 OpenView、Tivoli 公司的 NetView、Cisco 公司的 Netflow 以及 Angilent 公司的 NetMetrix 等。

1.3 OPNET 家族

OPNET 软件产品家族从 Modeler 起家,现在已经有 Modeler、ITGuru、SPGuru 等多个软件平台及附加功能模块。OPNET 整个产品线面向网络研发的各个阶段,既可以完成网络的设计,也可以作为发布网络性能的依据,还可以对已投入运营的网络进行优化和故障诊断。

OPNET 的产品主要有 4 个核心系列,包括:(1) OPNET Modeler,为技术人员提供一个网络技术和产品开发平台,可以帮助他们设计和分析网络、网络设备和通信协议;(2) ITGuru,帮助网络专业人士预测和分析网络和网络应用的性能,诊断问题,查找影响系统性能的瓶颈,提出并验证解决方案;(3) SPGuru (ServiceProviderGuru),面向网络服务提供商的智能化网络管理软件,是 OPNET 公司的最新产品;(4) WDM Guru,用于波分复用光纤网络的分析、评测。

1.3.1 Modeler

OPNET Modeler 是当前业界领先的网络技术开发环境,可用于设计和研究通信网络、设备、协议和应用。Modeler 为开发人员提供了建模、仿真以及分析的集成环境,减少了编程以及数据分析的工作量,因此被世界各大公司和组织用来开发大型网络,加速研发过程。OPNET Modeler 的主界面如图 1-1 所示。

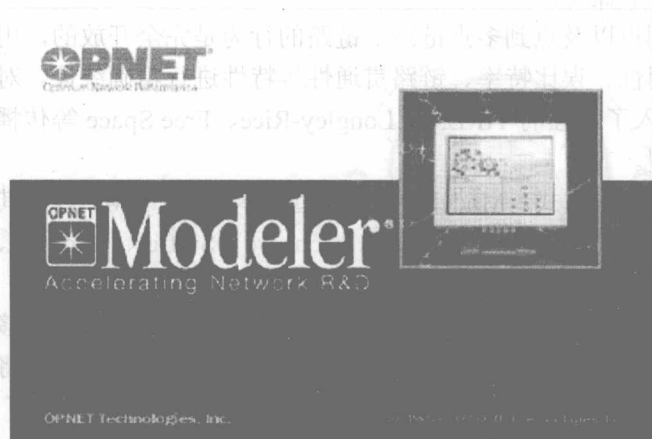


图 1-1 OPNET Modeler 的主界面

OPNET Modeler 有以下优点。

(1) 高效的仿真引擎。OPNET Modeler 提供了高度优化的串行、并行离散时间仿真,混合数值仿真,以及 HLA 和协同仿真等技术。Modeler 使用了增强加速技术,为有线和无线节

点提供最快的仿真运行时间。例如，在虚拟地形环境中模拟数千个无线节点的动态业务和路由行为，其在标准工作站上的仿真运行时间要远远低于真实系统的运行时间。

(2) 图形化和移动特性建模。Modeler 可以对蜂窝小区、移动 Ad hoc 网络、无线局域网、卫星组网以及其他任何形式的移动节点网络进行准确的建模，移动节点可以通过动态控制或者按照预先定义的轨迹进行运动。Modeler 支持地图和背景图片的导入，以增强可视化效果，也可以导入 DTED 和 USGS 数据，以考虑地形对信号传播的影响（需要可选的地形建模模块）。

(3) 面向对象的层次化建模。Modeler 使用无限嵌套的子网来建立复杂的网络拓扑结构。节点和协议按照派生关系和协议规范进行准确建模，在进程层模拟单个对象的行为，在节点层将其互连成设备，在网络层将这些设备互连组成网络。几个不同的网络场景组成项目，以比较不同的设计。

(4) 完全开放的模型编程。Modeler 使用有限状态机来对协议和其他过程进行建模，在有限状态机的状态和转移条件中使用 C/C++ 语言对各种过程进行模拟，用户可以随心所欲地控制仿真的详细程度。Modeler 提供了丰富的 API 函数，可以监视程序运行的所有状态，以及结果输出文件。Modeler 提供了超过 400 个库函数，所有标准提供了源代码，用户可以轻松地将现有的代码融入到自己的仿真中去，也可以对自己开发的模型进行加密，防止盗用。

(5) 丰富的模型库。OPNET Modeler 为协议和设备的详细建模提供了丰富的模型库。协议应用包括 HTTP、TCP、IP、OSPF、BGP、RIP、RSVP、Frame Relay、FDDI、Ethernet、ATM、802.11 无线局域网、MPLS、PNNI、DOCSIS、UMTS、IP 多播、电路交换、MANET、Mobile IP、IS-IS 等多种协议模型的源代码（利用有限状态机形成）。标准的设备模型库包含了数百个制造商的特殊模型和通用模型，诸如路由器、交换机、工作站、包生成器等，用户还可以通过设备生成器功能快速生成自定义模型。OPNET Modeler 还提供了局域网模型和云图模型用以生成汇聚的流量。

(6) 无线、点到点以及点到多点链路。链路的行为是完全开放的，用户可通过编程进行修改，对时延、可用性、误比特率、链路贯通性等特性进行精确统计。对于物理层特性和环境影响，OPNET 加入了增强的 TIREM、Longley-Rice、Free Space 等传播模型，用户也可使用自定义的传播模型。

(7) 灵活的数据导入方式。Modeler 可以通过文本文件、XML 以及其他多种方式导入数据，全面支持 Cisco、HP、NetScout、BMC、Concord、Sniffer、Infovista、MRTG、cflowd、tcpdump 等工具。

(8) 集成的分析工具。Modeler 具有显示仿真结果的全面工具，能够轻松刻画和分析各种类型的曲线、时间序列、柱状图、概率函数和参数曲线等，并且可以将曲线导出到电子表格或者生成 XML 文件。

(9) 对于设备的成本计算。Modeler 可以将网络导出成为电子表格进行成本核算。

(10) 动画。Modeler 能在仿真中动态监视统计量的变化曲线，在仿真中或仿真后显示模型行为的动画，并为 3D 可视功能提供了接口。

(11) 多平台。Modeler 支持 Windows NT、Windows 2000、Windows XP 以及 UNIX 系统，模型可在不同的平台之间透明移植。

(12) 灵活的 License 管理。Modeler 提供增强的浮动 License 系统, 具有图形化的 License 管理界面, 并且可以通过互联网自动下载 License 密钥。

1.3.2 ITGuru

ITGuru (又称 ITDecisionGuru) 是 OPNET 公司开发的一款核心网络仿真软件包, 为网络专业技术人员和管理人员进行网络规划、设计、建设以及运营提供决策支持。

ITGuru 是一个功能齐全、性能优良的网络预测及分析工具软件包。它的主要作用是快速预测网络上的任何变化 (如增加新的用户、向新的网络技术转移、推出新的网络应用等) 对网络服务等级 (如性能) 的影响, 指出可能存在的瓶颈之处并提出多种解决方案。

ITGuru 可以根据设备、协议、应用和链路技术来镜像真实的网络世界, 从而为用户在各种方案中进行决策提供了一个直观的环境。在不影响网络正常运转的前提下, ITGuru 可以帮助用户预先审查和比较各种改变对网络的影响, 这些改变包括如下几个方面。

(1) 推出新的应用。新的应用在网络上的运行效果如何? 会对已有的应用产生什么影响?

(2) 新的技术评估。用户对新的网络技术 (例如 ATM、帧中继、吉比特以太网等) 的投资会得到什么回报?

(3) 业务增加。随着网络流量的不断增加, 如何对网络进行升级?

(4) 评估实施代价。基础设施的建设可能意味着重组数据中心、替换或升级现有设备。在此情况下, 网络和应用会受到什么影响? 是否值得为此投入相应的财力、人力和付出所需的宕机时间?

(5) 关键业务应用。能不能保证提供与已经建立的 SLA 相一致的、可信的网络服务?

ITGuru 具有以下优点:

(1) 能够为网络的规划设计提供可靠的定量依据。

(2) 能够验证实际方案或比较多个不同的设计方案。通过为不同的设计方案建立模型, 进行模拟, 获取定量的网络性能预测数据, 为方案的验证和比较提供可靠的依据。

(3) 可视化的用户界面, 易于使用。

(4) 可以在 Windows NT 和多种流行的 UNIX 平台上运行。

(5) 价格合理。

1.3.3 SPGuru

SPGuru (主界面如图 1-2 所示) 是一款能够辨识整个网络的独特软件产品, 它提供了深入了解 OSI 第 2、3 层协议模型的能力, 包括路由器、交换机、协议、服务器和数据流等。内嵌于 SPGuru 的智能技术为服务提供商网络提供了包括故障排除、操作验证、网络规划和工程实施在内的多种决策支持的辅助手段。

OPNET 的 SPGuru 是为服务提供商提供的—个智能网络管理平台, 服务提供商可以利用 SPGuru 实现其分布广泛的、多技术的和多设备提供商的网络的智能管理, 从诸如网络体系结构和总体规划这样的战略性的决策行为, 一直到包括故障排除、配置验证和流量工程等在内的网络运行管理行为等。SPGuru 支持广泛的用户应用案例, 具体如下。



图 1-2 SPGuru 的主界面

- (1) 网络配置和连接的排错;
- (2) 配置的验证;
- (3) 配置策略的执行;
- (4) 为网络调整方案提供 SLA 保证的验证;
- (5) 流量工程;
- (6) 故障分析;
- (7) QoS 分析;
- (8) 配置和扩展新的服务;
- (9) 预提供带宽;
- (10) 网络扩容研究;
- (11) 技术评估;
- (12) 网络迁移规划;
- (13) 可靠性规划。

当服务提供商把电路交换网络迁移到分组网络,配置 3G 无线服务或者 VPN,以及实施基于 MPLS 的流量工程的时候,SPGuru 都是必不可少的。利用 SPGuru,服务提供商可以加速新业务的配置,最大化现有网络资源的回报,提高服务水平管理的效率,降低运营风险。

1.3.4 WDMGuru

今天的业务提供商所面临的环境更具有挑战性,变化更快,业务提供商之间的界限也变得模糊,革新的成本很高。因此许多业务提供商需要智能化的光纤网络技术以打开新的市场,减少运营成本。另一方面,网络设备制造商也在寻找展示他们技术的途径。WDMGuru 是一个为光纤网络量身定做的先进的网络规划方案,是一款面向运营商的网络规划和优化的工具(如图 1-3 所示)。WDMGuru 可提供先进的网络规划解决方案,使得服务提供商和网络设备制造商能够设计出健壮的且节约成本的光纤网络。

WDMGuru 能够帮助客户完成如下工作,使客户得到极大的投资回报。

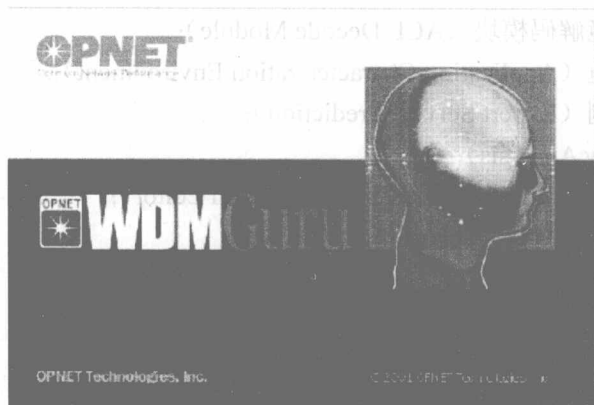


图 1-3 WDMGuru 的主界面

(1) 增长分析。评估电信业务需求的影响，为新业务选择路由并且调整新业务以优化资源分配，自动确定新的容量，确定硬件需求。

(2) 伸缩性规划。分析设备发生故障的影响，评估各种保护性配置，比较相对投入回报比。

(3) 优化设计。最大化现有网络的价值，最小化网格状和环状网络，针对超长长途骨干网平衡重建需求和传输距离。

(4) 服务发布评估。基于恢复方案采用分化的业务，SONET/SDH 规划，评估集成方法以支持较低速率的业务。

1.3.5 附加模块

OPNET 的模块提供了附加的功能。模块的应用范围很广，并且可以接受 OPNET 维护计划的正常升级。

OPNET Modeler 10.0 的附加模块如图 1-4 所示，具体如下。

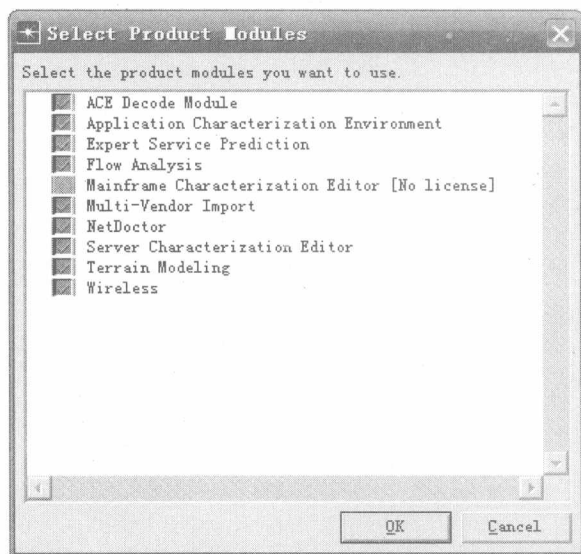


图 1-4 OPNET 的附加模块