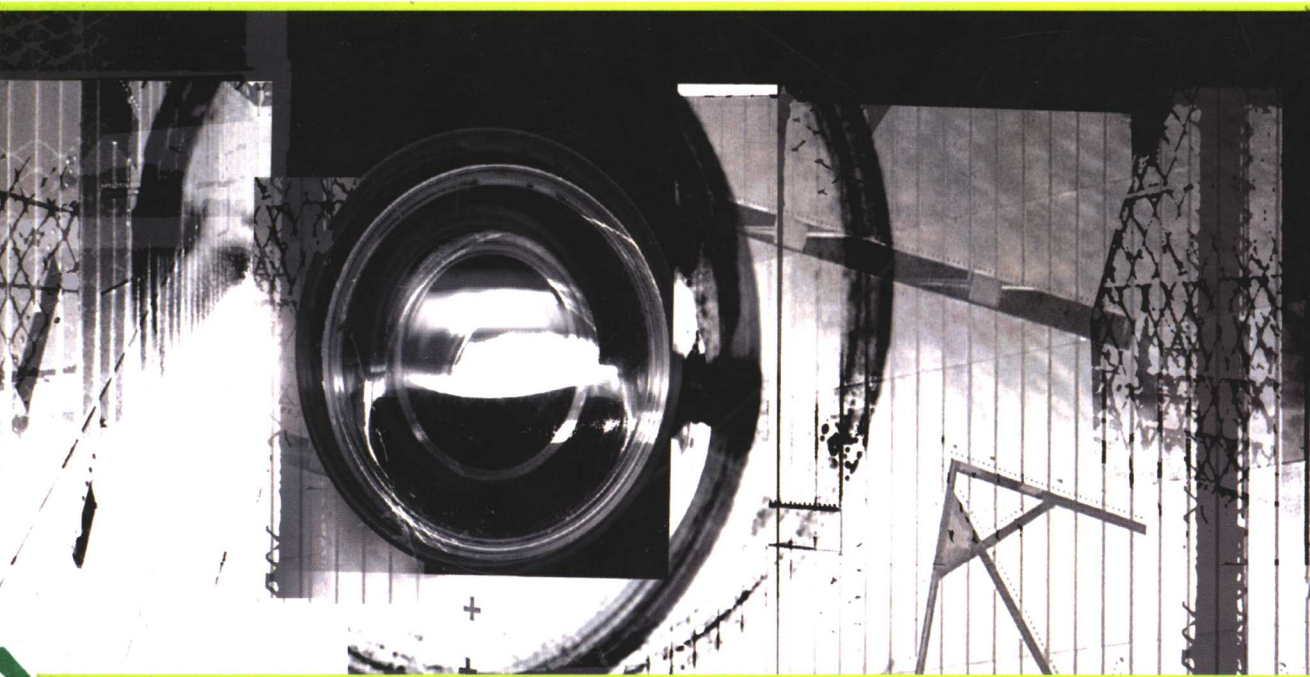


通信工程仿真开发手册系列

OPNET

通信仿真开发手册

孙屹 主编 孟晨 编著



国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

通信工程仿真开发手册系列

OPNET

通信仿真开发手册

孙屹 主编 孟晨 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

OPNET 通信仿真开发手册/孟晨编著. —北京:国防工业出版社, 2005. 1

(通信工程仿真开发手册系列/孙屹主编)

ISBN 7-118-03745-1

I. O... II. 孟... III. 通信系统—系统仿真—应用软件, OPNET—手册 IV. TN914—62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 001147 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 24½ 563 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

OPNET 是 MIL3 公司开发的一套集开发和应用为一体的通信系统模拟软件。目前全球有 1400 多个组织, 包括美国军方和著名的电信公司在使用这套软件。

现在版本的 OPNET 由 4 部分组成: Wizard, Planner, Modeler, Express Developer。在仿真分析中经常使用的工具是 Planner 和 Modeler。

Planner, 亦称 IT DecisionGuru, 是一个独立的网络规划设计工具, 不具有网络节点和协议建模功能, 仅限于基于基本模型库的网络建模和模拟。Planner 与 HP OPENVIEW 中的 NNM (Network Node Manager) 和 Netmetrix (Network Traffic Monitor System) 有最紧密的接口, 能够自动地读入网络的拓扑结构和流量数据。而且, 在最新的 Netmetrix 软件中已经将 Planner OEM 包括进来, 称为 Service Simulator。

Modeler, MIL3 公司起家的拳头产品, 是一种功能十分强大的网络 R&D 仿真平台, 支持在网络各个层次的设备、链路和协议的精确建模, 并提供丰富的外界开发接口, 同时还内含 Planner 的全部功能。

网络设计者或管理者经常会遇到难以决定的问题: 是该重新配置网络还是重建一个网络? 是升级到更快的交换机去还是使用其他路由协议? 新增用户对现有的网络会有多大影响? 不同的网络拓扑结构其性能到底有多大不同? 利用 OPNET 建立起现有系统的模型, 分别模拟不同的情况进行对比分析, 得出的结论是准确可信的。

从以上对 OPNET 的介绍可以看出, OPNET 作为通信网的仿真工具是非常理想的。OPNET 网络仿真软件是目前世界上最先进的网络仿真开发和应用平台, 近两年被第三方权威机构 (如 Network World 等) 评选为“世界级网络仿真软件”第一名。本书就是为了向国内的广大通信网络工程师介绍这个国外的先进技术而编写的。

本书从实用角度出发, 从 OPNET 中的通信网基础模型讲起, 逐步扩展到 OPNET 中如何使用这些网络设备模型, 如何操作 OPNET 的基本界面和进行基本网络性能分析, 最后使读者达到可以独立进行网络性能分析和建立基本网络模型的程度。

本书内容丰富, 讲解全面系统, 开发界面与实际的例子紧密结合, 在大部分章节中都引入了示例分析, 这样既可以使读者感到生动有趣而且可以使读者迅速的掌握 OPNET Modeler 8.0 的实际使用方法, 因此本书具有很强的实用性和指导性。

本书面向的是使用 OPNET Modeler 8.0 进行仿真开发的入门教材, 对于使用 OPNET Modeler 8.0 有一定经验的开发者也具有一定的参考价值。通过本书的学习, 读者不仅可

以掌握通信网络的基本组成及如何用 OPNET 进行通信网的仿真分析,而且可以熟练掌握如何利用 OPNET 进行通信网络模型的建立。

本书编写由于时间仓促,难免有疏漏之处,希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 计算机仿真与 OPNET 仿真软件的简介	1
1.1 仿真的基本概念	1
1.2 仿真的要素及其相互关系	2
1.3 OPNET 仿真软件的介绍	3
1.4 OPNET 仿真软件的主要应用	7
1.4.1 应用的特定模型	7
1.4.2 OPNET 应用一般模型	8
1.5 OPNET 仿真软件的工作机制和主要功能	10
1.6 OPNET 仿真软件的系统运行环境	13
1.7 OPNET 仿真软件应用于网络规划设计的主要步骤	14
1.8 OPNET Modeler 的运行界面	18
1.9 使用 OPNET 进行仿真的第一个例子	22
1.9.1 仿真问题的提出	22
1.9.2 OPNET 仿真具体步骤分析	23
第 2 章 OPNET 仿真模型库中常用的网络类型	38
2.1 计算机网络的系统结构	38
2.2 OPNET 仿真中使用的局域网基本原理	39
2.2.1 局域网的拓扑结构	40
2.2.2 基本以太网	43
2.2.3 快速以太网	49
2.2.4 令牌环网络	51
2.2.5 FDDI 网络	52
2.3 OPNET 仿真中使用的广域网基本原理	54
2.3.1 广域网技术概述	54
2.3.2 广域网中的 ATM 技术	57
2.3.3 广域网中的 X.25 传输技术	62
2.3.4 广域网中的帧中继传输技术	65
2.3.5 OPNET 中经常使用的广域网连接技术	67
第 3 章 OPNET 仿真模型库中常用的设备类型	71
3.1 OPNET 中常见的网络连接设备	71
3.2 OPNET 仿真软件中的网桥	71
3.2.1 仿真系统中网桥的特点	71

3.2.2	为什么要使用网桥	72
3.2.3	网桥的工作原理	73
3.2.4	OPNET 仿真系统中网桥的分类	74
3.3	OPNET 仿真软件中的路由器	77
3.3.1	路由器的系统结构	78
3.3.2	路由器的原理和作用	79
3.4	OPNET 仿真软件中的交换机	82
3.4.1	二层交换机	82
3.4.2	三层交换机	85
3.5	为 OPNET 提供技术支持的主要厂家及其产品特点	88
3.5.1	3Com 公司的技术及其产品	88
3.5.2	Cisco 公司的技术特点及产品技术	91
第 4 章	OPNET 仿真软件的结构及对象属性	98
4.1	OPNET 仿真工具的总体结构	98
4.2	OPNET 仿真工具对象的结构	104
4.2.1	使用对象的系统结构	104
4.2.2	对象结构的属性	106
4.3	OPNET 仿真工具的对象属性	107
4.3.1	对象属性的数据类型和观察方法	107
4.3.2	共有对象属性和扩展对象属性	109
4.4	OPNET 中的属性继承机制	112
第 5 章	OPNET 的通信机制	120
5.1	数据包通信	120
5.1.1	数据包的分类和数据包的传送机制	120
5.1.2	数据包的三种传送模式	122
5.2	OPNET 的通信链路	123
5.2.1	点到点通信链路	123
5.2.2	总线通信链路	125
5.2.3	通信链路编辑器	126
5.3	OPNET 的数据传输属性	129
5.3.1	收发器的管道机制	129
5.3.2	收发器的管道过程	131
第 6 章	OPNET 中的 Project 编辑器	134
6.1	Project 编辑器的主要功能和开发界面	134
6.2	Project 编辑器的主要操作	143
6.2.1	网络背景的操作	143
6.2.2	Project 编辑器的环境的操作	146
6.2.3	Project 编辑器的拓扑的操作	147
6.3	Project 编辑器的统计参数搜集	154

6.3.1	选择搜集统计变量	155
6.3.2	高级选择搜集统计变量	155
6.4	局域网与网络链路利用率的仿真实例分析	161
6.4.1	仿真问题的提出	161
6.4.2	仿真程序的向导	162
6.4.3	仿真程序的服务定义	165
6.4.4	仿真程序的网络模型建立	168
6.4.5	网络模型背景链路流量的指定	173
6.4.6	统计参数的搜集和仿真程序的执行	174
6.4.7	仿真结果的观察	176
第 7 章	OPNET 中的 Node 编辑器	178
7.1	Node 编辑器的主要功能和开发界面	178
7.2	Node 编辑器的模块结构	187
7.2.1	节点模型的整体构造	187
7.2.2	节点内部的模块类型	189
7.2.3	节点内部的处理模块	190
7.2.4	节点内部的队列模块	192
7.2.5	节点内部的数据收发模块	193
7.3	Node 编辑器的连接结构	195
7.3.1	连接结构中的数据包流	196
7.3.2	连接结构中的统计数据流	199
7.3.3	连接结构中的逻辑连接	203
7.4	一个单节点的仿真实例分析	204
7.4.1	仿真问题的分析和定义	204
7.4.2	节点模型的建立	204
7.4.3	网络模型的建立	207
7.4.4	网络仿真的配置和仿真的进行	210
7.4.5	网络仿真结果的观察	213
第 8 章	OPNET 中的 Process 编辑器	215
8.1	Process 编辑器的功能和界面介绍	215
8.2	Process 编辑器的工作机制	224
8.2.1	Process 编辑器的层次	224
8.2.2	Process 编辑器中公共变量的通信机制	226
8.2.3	Process 编辑器中的功能模块	228
8.3	Process 编辑器中的程序设计	235
8.3.1	Process 编辑器中宏的定义	235
8.3.2	Proto-C 中的变量类型	236
8.3.3	Proto-C 中的变量操作	239
8.3.4	Proto-C 与 Process 中属性变量的结合	241

8.3.5	Process 编辑器中常使用的核心库函数	242
8.4	使用 Process 编辑器仿真的实例分析	244
8.4.1	仿真分析的任务	244
8.4.2	仿真过程的分析	244
8.4.3	处理模型建立的步骤和分析	244
8.4.4	节点模型的建立	251
8.4.5	网络模型的建立	254
8.4.6	统计变量的搜集和仿真	256
第 9 章	OPNET 中的网络拓扑和流量的导入	262
9.1	网络的拓扑导入	262
9.1.1	ATM Text Files 文件的种类和格式	262
9.1.2	从 ATM Text Files 导入网络拓扑的方法	265
9.1.3	HP Network Node Manager 的文件导入	267
9.2	网络的流量导入	268
9.2.1	导入特定路由的流量	269
9.2.2	导入某条链路或者设备的指定流量	276
9.3	网络流量导入分析实例	280
9.3.1	仿真问题的定义	280
9.3.2	流量和拓扑的导入	280
9.3.3	基准网络服务模型的配置	283
9.3.4	修改后的网络服务模型的配置	289
9.3.5	使用工程环境管理工具进行配置和仿真	290
9.3.6	观察工程的仿真结果	291
第 10 章	OPNET 仿真中的事件驱动机制	294
10.1	仿真进行中的事件和时间	294
10.2	仿真程序中的事件和属性	296
10.2.1	仿真程序中事件的类型	296
10.2.2	事件的属性种类	297
10.3	仿真程序中的事件处理	299
10.3.1	事件处理的分类原则	299
10.3.2	主要事件处理的实例分析	300
10.4	仿真程序中与事件相关的中断属性	306
第 11 章	OPNET 中的仿真结果的发布	311
11.1	仿真结果发布的一般方法	311
11.1.1	抓拍屏幕的操作	311
11.1.2	发布文档的打印和预览操作	313
11.1.3	导出到 HTML 文档的操作	314
11.2	使用 Web 方式发布仿真结果的实例	316
11.2.1	建立工程仿真的 Web 发布	316

11.2.2 工程仿真的 Web 观察和结果的分析	320
第 12 章 OPNET 的综合仿真分析	324
12.1 基本数据交换网络仿真问题的提出	324
12.2 仿真问题的分析	325
12.3 定义数据包格式	327
12.4 定义节点间的链路格式	327
12.5 建立中心节点的模型	330
12.6 建立中心节点的处理模块	333
12.7 建立外围节点的模型	338
12.8 建立外围节点的处理模型	343
12.9 建立网络拓扑工程	351
12.10 仿真的进行和结果的分析	354
附录 1 全球部分客户与应用实例	361
附录 2 OPNET 程序设计中常用的符号常量	364
附录 3 OPNET 中使用的主要核心库函数	371

第 1 章 计算机仿真与 OPNET

仿真软件的简介

1.1 仿真的基本概念

计算机仿真，是在研究和分析系统的过程中，根据计算相似原理，利用计算机来逼真模仿研究对象。研究对象可以是真实存在的系统，也可以是设计中而尚未实现的系统。

在没有计算机以前，仿真都是利用实物或者它的模型来进行研究的，又称物理仿真。物理仿真的优点是直接、形象、易信，但模型受限、易破坏、难以重用，而且物理仿真的费用比较昂贵，在一些情况下甚至无法实现。计算机仿真是将研究对象进行数学描述，建模编程，且在计算机中运行实现。它不怕破坏、易修改、可重用。计算机仿真，可以用于研制产品或设计系统的全过程中，包括方案论证、技术指标确定、设计分析、生产制造、试验测试、维护训练、故障处理等各个阶段。

进行仿真运算的计算机称为仿真计算机，它是指运行仿真对象模型的计算机，根据仿真应用的需求，仿真机可以用通用计算机，也可以设计专用的仿真计算机。20 世纪 70 年代以前，由于当时的数字计算机的处理速度只能每秒千万次，达不到仿真应用的实时性要求，所以仿真机都是用模拟计算机。到了 20 世纪 80 年代以后，出现了亿次数字计算机，仿真机才跨入数字仿真计算机时代。从满足仿真应用领域的要求以及数字仿真机自身发展的规律来看，数字仿真机发展主要集中在三个方向。

1. 全力发展满足实时的纯数学仿真和半实物仿真需求的高性能数字仿真机

高性能突出地表现在处理速度和实物接口技术方面。高性能仿真，要求仿真机的处理速度高达每秒万亿次以上。因此，高性能仿真机正朝着并行处理和多机方向发展。

2. 满足多系统综合仿真需求的分布集群式网络仿真机系统的研制开发

以美国 1997 年进行的大规模合成战场军事演习为例，这次演习包括了两栖作战、扫雷作战、战区导弹防御、空中打击、地面作战、情报通信等各兵种的作战任务，模拟战场范围(500×750)平方公里，包括了 3700 多个仿真平台，8000 多个仿真实体。由此可见，分布集群式网络仿真系统突出的问题是异构一致性、时空耦合、互操作可重用等技术。

3. 研究和发展满足包括人参与仿真需求的虚拟仿真计算机系统

人参与仿真，必须建立起使人感到身临其境的“交互式拟实世界”。虚拟现实仿真计算机具有沉浸——交互——构想 3 个基本特征，以虚拟现实技术创造虚拟环境，特别强调人参与其中的身临其境的沉浸感，同时人与虚拟环境之间可以多维信息交互作用，参与者从定性和定量综合集成的虚拟环境中，可以获得客观世界中事物的感性和理性的认识，从而深化概念和建造新的构想和创意。

我国计算机仿真应用开发较早，自 20 世纪 50 年代开始，首先在自动控制领域中利

用模拟计算机进行数学仿真。后来结合自行研制的三轴转台实现了对飞机和导弹的半实物、半数学模型仿真；60年代在开展连续系统仿真的同时，开始对离散事件系统(例如交通管理、企业管理)仿真进行探索；70年代，我国训练仿真器获得了较大的发展，自行研制了飞行模拟器、舰艇模拟器、汽车模拟器、火车机车培训仿真器、火力发电机组控制系统、化工过程控制仿真系统等；80年代我国研制成功了银河数字仿真计算机，仿真脱离了模拟机而进入数字仿真时代。在全国建立了十几个数字仿真中心，出现了一批高水平的科研成果，如长征系列捆绑式火箭、歼击机工程飞行模拟器、潜艇训练半实物仿真系统等；90年代着手对分布交互仿真、多媒体表现环境等先进仿真技术及其应用进行研究，并先后研制成功了“银河仿真Ⅱ”型机和银河高性能分布仿真系统。

1.2 仿真的要素及其相互关系

在计算机仿真系统中一般都具有下面三个基本的要素，即：

- ① 系统；
- ② 模型；
- ③ 仿真计算机(软硬件)。

系统是按照某些规律结合起来，互相作用，互相依存的所有实体的集合或总和。

模型是按照系统的实际情况进行一定的数据抽象，运用数学工具来表达出系统的运行状况和特性的方式。

仿真计算机是运行系统模型的实物载体，也是计算机仿真软件运行的平台。

围绕着仿真系统三要素的是仿真系统的三个活动，即：

- ① 系统建模；
- ② 仿真建模；
- ③ 仿真试验。

因此，仿真系统的三要素和三个活动之间的关系如图 1-1 所示。

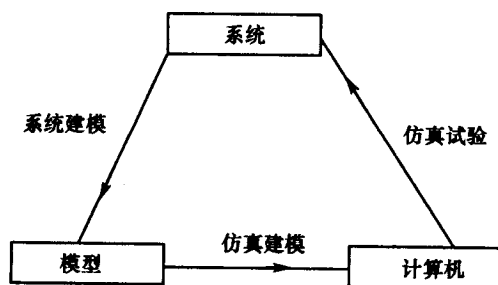


图 1-1 计算机仿真三要素及三个基本活动

网络仿真技术与传统的网络设计方法的关系如下：

(1) 经验、试验和计算作为三种传统的网络设计方法，都具有其局限性。网络仿真技术和这三种方法结合在一起使用，可以弥补它们的不足。

(2) 网络仿真是一种介于试验和计算之间的技术，它通过建立实际系统的数学模型并

按照相同的运行机理模拟物理系统的动态行为,可以说网络仿真是一种基于统计计算的模拟试验方法。

在实际的网络设计中,可以遵循以下的基本原则来综合使用这几种设计方法:

(1) 依据经验和计算进行初步的网络规划和设计。

(2) 对于经验和计算难以确定的问题,建立网络的仿真模型,通过仿真获取必要的设计依据。

(3) 如果需要且条件许可的话,可以搭建小型试验网络进行试验,对设计或仿真结果作进一步的验证。

(4) 对于多个不同的设计方案,建立各自的网络模型进行必要的仿真,为方案的比较和选择提供依据。

(5) 最后还可以利用网络仿真手段对完整的设计方案进行验证,检查其是否能够达到预定的技术指标和其他实际目的。

表 1-1 总结了网络仿真技术与传统的网络设计方法的关系。

表 1-1 网络仿真技术与传统的网络设计方法的关系

	经验方法	试验方法	计算方法	网络仿真方法
可靠性	不确定	高	低	较高
成本	不确定	高	低	中等
可实现性	高	低	高	中等
适用的系统规模	比较适合中,小型网络,对于大型网络比较困难	仅适合小型网络	适合中小型网络	中型或者大型网络

表 1-1 给出了经验方法、试验方法、理论计算和网络仿真四种方法在可靠性、实现成本、可实现性和适用的网络规模四个方面的比较。可以发现,网络仿真在以上四个方面基本上是经验方法、试验方法、理论计算三种方法的比较理想的折中,特别是在大型网络的规划和设计方面有比较明显的优势。

1.3 OPNET 仿真软件的介绍

OPNET 是由 OPNET Technologies 研制和开发的, OPNET Technologies 创立于 1986 年,是智能网络管理软件方面的先锋和最主要的供应商。OPNET 软件嵌入了关于如何运作网络设备、网络协议、应用以及服务器的专业知识。这使得网络运营、工程规划、应用软件开发方面的众多用户在优化性能和提高效率方面的各种努力有了空前显著的效果。1987 年以来, OPNET 迅速而稳步发展,作为高科技之网络规划、仿真及分析工具, OPNET 在通信、国防及电脑网络领域已经被广泛认可和采用,其客户包括企业、政府部门、网络服务提供商、网络设备制造商等。广泛的知识产权和专家技能不仅为全球范围内的客户创造价值,同时极大提高了客户的竞争优势。

在以前,数据网络的规划和设计一般采用的是经验、试验及计算等传统的网络设计

方法,其中,经验这一方法最为简便易行,不过其成效在很大程度上依赖于规划设计者具有的网络设计经验,其设计结果中的主观性成分比较突出。当网络规模较小、网络拓扑结构比较简单、网络流量不大的时候,以经验为主、辅之以试验和数学计算等手段进行网络规划设计还是可行的,这是因为网络设计者一般都具有比较丰富的中小型网络的设计经验和教训,而且网络较小时,网络试验和数学估算比较容易进行,其结果也比较可信。因此,以经验为主的网络设计方法被广泛地使用。

不过,当网络规模越来越大、网元类型不断增多、网络拓扑日趋复杂、网络流量纷繁交织时,以经验为主的网络设计方法的弊端就越来越显现出来了。首先,网络规划设计者相对来说缺乏大型网络的设计经验,因此在设计过程中主观的成分更加突出;第二,一般情况下,不可能在网络设计阶段开展与拟建网络规模可比的网络试验来获得设计所需的依据,小规模试验是可行的,但是其结果受试验规模的限制,不能充分满足规划设计的需要;第三,数学计算和估算方法对于大型复杂网络的应用往往是非常困难的,得到的结果的可信性也是比较低的,特别是对于包交换、统计复用的数据网络,情况更是如此。因此,随着网络的不断扩充,越来越需要一种新的网络规划和设计手段来提高网络设计的客观性和设计结果的可靠性,降低网络建设的投资风险。网络仿真技术正是在这种需求拉动下应运而生的。

OPNET 网络仿真技术以其独有的方法能够为网络的规划设计提供客观、可靠的定量依据,缩短网络建设周期,提高网络建设中决策的科学性,降低网络建设的投资风险。

在今天的信息技术时代,企业需要开展电子商务、ERP、办公自动化等诸多业务,基于网络开展的业务和提供的服务越来越多,而与此同时,声音、视频和数据网络日益走向融合。因此,当今网络发展的特点是:

- ① 多种类型(声音、视频、数据、无线网络)的网络日益走向融合;
- ② 规模日趋庞大,结构更趋复杂;
- ③ 业务增加,数据量加大,网络流量大。

对于新上网的企业或组织来说,在建设网络、开展网上业务之前,往往需要技术人员对采用的网络技术、网络结构、网络设备、网络应用、投资等进行综合分析和评估,提出性能、价格比最优的解决方案。而在另外一种情况下,对于正在运营中的网络,面对网络用户的增加、新的业务和应用的推出以及新的网络技术的出现,技术人员和网络管理人员往往需要知道:

- ① 网络中可能存在的性能瓶颈在什么地方?
- ② 如果网络扩容,骨干中继链路带宽需要扩大多少?这也涉及到一个流量分析的问题。
- ③ 如果网络上增设新的业务,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?
- ④ 如果拟采用新的网络技术对网络进行升级,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?这就要考虑到系统升级或者新技术引入的性价比的问题。

因此,无论是建设新的网络,还是改造或升级现有网络,都需要对网络进行可靠地规划和设计。传统上,主要是依靠经验来完成。这种方式不容易抓住问题的要害,尤其

是对复杂的大型网络。网络仿真作为一种新的网络规划和设计技术,以其独有的方法为网络的规划设计提供客观、可靠的定量依据,缩短网络建设周期,提高网络建设中决策的科学性,降低网络建设的投资风险。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 产品主要面向专业人士,帮助客户进行网络结构、设备和应用的设计、建设、分析和管理的。OPNET 的产品主要针对三类客户,分成四个系列。三类客户是指:网络服务提供商;网络设备制造商和一般企业。四个系列产品核心包括:

1. ServiceProviderGuru

ServiceProviderGuru 主要是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。

SP Guru 是一个能够辨识整个网络的独特软件产品,包括网络中的路由器、交换机、协议、服务器以及各种应用业务。内嵌于 SP Guru 的智能代表了当今最新最先进的网络故障诊断,操作验证,规划以及网络设计技术

2. OPNET Modeler

OPNET Modeler 为技术人员(工程师)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。这一个模型是最常用的模型,也是本书重点讲述的内容。

OPNET Modeler 的面向对象的建模方法和图形化的编辑器反映了实际网络和网络组件的结构,因此实际的系统可以直观的映射到模型中。

OPNET Modeler 特点如下:

1) 层次化的网络模型

使用无限嵌套的子网来建立复杂的的网络拓扑结构。

2) 简单明了的建模方法

在“过程层次”模拟单个对象的行为,在“节点层次”将其互连成设备,在“网络层次”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。

3) 有限状态机

OPNET 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++语言对任何过程进行模拟,并且可以随心所欲控制仿真的详细程度。

4) 对协议编程的全面支持

OPNET Modeler 具有 400 多个库函数支持,这样可以方便系统分析员编写出风格简洁的协议模型。

5) 具有无线、点到点以及点到多点链路

链路的行是透明的,并可通过编程修改链路的传输数率,支持的传送方式等链路属性。

6) 图形化和动态仿真

这个内容主要是针对无线和卫星通信网络。

7) 系统完全开放

针对程序驱动的创建和所有模型和结果文件检查的 API。轻松的将现有的代码融入

到仿真中去。

8) 具有丰富的集成分析工具

显示仿真结果的全面工具。轻松刻画和分析各种类型的曲线。可将曲线导出到电子表格中, 而且还可以用曲线和 HTML 格式显示仿真结果。

9) 具有动画演示特性

在仿真中或仿真后显示模型行为的动画, 可以形象地表示出系统的特性。

10) 集成的调试器

通过集成的调试器可以快速的验证仿真或发现仿真中存在的问题。

11) 可以方便的从其他流行工具导入数据

OPNET Modeler 可以从包括 HP 的 OpenView 以及 Network Associates 的 Sniffer 创建的网络模型中方便的导入数据分析。

12) 具有详细协议模型的全面模型库

协议模型库包括 ATM、帧中继、TCP/IP、RIP、OSPF、BGP4、IGRP、以太网、FDDI、令牌环、VoIP 等, 以有限状态机的形式提供。

13) 具有高效的仿真引擎以及内存管理

这样可以极大地方便用户的使用。

14) 支持的平台丰富

OPNET Modeler 可以支持 Solaris, Windows NT 和 HP-UX。不同的平台可以透明移植。

15) 灵活的 license 管理功能

OPNET Modeler 具有浮动的 license 和可租借的 license 管理功能。

3. ITGuru

ITGuru 可以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。

ITGuru 是 OPNET 公司开发的一个核心网络仿真软件包。专门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)等的影响, 指出可能存在的瓶颈之处并提出解决多种方案。ITGuru 的特点是:

(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) 价格合理。

(5) 可以在 NT 和多种流行的 UNIX 平台上运行。

4. WDM Guru

WDM Guru 主要应用在波分复用光纤网络的分析、评测。

WDM Guru 是一个先进的网络规划解决方案, 使得业务提供商和网络设备制造商设

计出健壮的且节约成本的光纤网络。WDM Guru 的多层网络架构, 大量的技术支持以及当前最新的优化和设计功能使其成为网络设计人员和规划人员的得力助手。

1.4 OPNET 仿真软件的主要应用

1.4.1 应用的特定模型

1. 设备模型

- ① 网桥;
- ② 集成器;
- ③ 路由器/网关;
- ④ 工作站/服务器;
- ⑤ 交换机。

2. 排队服务规范

- ① 先进先出 FIFO;
- ② 后进先出 LIFO;
- ③ 优先的非抢先排队;
- ④ 最短作业优先;
- ⑤ 单服务器的抢先与恢复;
- ⑥ 多服务器的抢先与恢复;
- ⑦ 并行包服务(不分先后的)。

3. 使用工具/接口

- ① DTED 地图转换程序;
- ② STK 卫星轨道转换程序;
- ③ 用户报告生成程序。

4. 业务源

- ① 突发的;
- ② 正本;
- ③ 固定位率;
- ④ 可变位率。

5. 连接模型

- ① 点对点;
- ② 总线;
- ③ 射频(广播);
- ④ 用户定义(比如: 光学的)。

6. 网络结构例子

- ① ATM 主干网上的 TCP/IP;
- ② 超过 AAL5 的带突发源的 ATM WAN;
- ③ 带失败/恢复分析的动态路由;