



OPNET Modeler and Computer Network Simulation

OPNET Modeler 与 计算机网络仿真

❖ 龙 华 编著



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

XDUP 200000

封面设计 鄢 昭

传播教育信息 共享教育资源
华信教育资源网
www.hxedu.com.cn
欢迎登录 获取优质教学资源



- OPNET Modeler 的构架和仿真机制
- 网络域、节点域和进程域的建模结构
- OPNET 核心函数
- OPNET 的调试
- 无线建模和仿真
- OPNET 的网络分析工具

读者对象

高等院校通信工程、网络工程等专业的学生以及相关研发人员。

OPNET Modeler and Computer Network Simulation

ISBN 7-5606-1708-5



9 787560 617084 >

ISBN 7-5606-1708-5/TP • 0425

定价：33.00元

OPNET Modeler 与计算机网络仿真

龙 华 编著

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

本书讲述了 OPNET Modeler 网络仿真机制、软件的使用和建模方法,重点讲解了 OPNET Modeler 的网络域、节点域、进程域以及链路管道阶段的建模过程和建模方法;同时,还在专门的章节中描述了 OPNET Modeler 的程序调试、统计量的收集以及网络应用刻画环境(ACE)、网络医生和流分析等网络分析工具的使用。书中提供了大量的实例,以方便读者学习。

本书的适用对象主要是从事网络通信协议开发、网络规划和网络性能分析的工程技术人员,也包括高等院校从事网络研究的教师和学生。

图书在版编目(CIP)数据

OPNET Modeler 与计算机网络仿真 / 龙华编著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2006.9

ISBN 7-5606-1708-5

I. O… II. 龙… 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 (2006) 第 074901 号

策 划 臧延新

责任编辑 王 瑛 臧延新

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 21.5

字 数 506 千字

印 数 1~4000 册

定 价 33.00 元

ISBN 7-5606-1708-5/TP·0425

XDUP 2000001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

网络仿真技术是一种通过建立网络设备和网络链路的统计模型，模拟网络传输流量，从而获取网络设计或优化所需要的网络性能数据的仿真技术。它具有全新的模拟实验机理及在高度复杂的网络环境下得到高可信度结果的能力。通过网络仿真，可为优化和扩容现有网络提供定量的分析数据。在进行新网络的设计时，网络仿真能根据服务等级协议进行网络预测，定量评估网络设计方案，特别适用于大中型网络的设计。在协议算法的研究上，网络仿真能够进行早期排错，缩短研发过程。总之，利用网络仿真软件进行网络设计、规划和研究已经是一门新兴的行业。

随着我国信息产业的发展，在网络设计、网络优化和网络研究中应用网络仿真技术将成为一项必不可少的重要环节。OPNET、NS2 等网络仿真软件为建立能反映现实网络的模型提供了很好的网络建模平台。

OPNET 公司的仿真软件 OPNET Modeler 具有下面的突出特点，使其能够满足大型复杂网络的仿真需要：三层建模机制全面反映网络的相关特性，提供包括路由器、交换机、服务器、客户机等在内的比较齐全的基本模型库。三层建模机制是指进程域建模、节点域建模和网络域建模。进程域采用有限状态机、OPNET 核心函数及标准的 C 和 C++ 构成能描述底层协议算法的进程模型及反映通信链路的管道阶段模型，这些模型在节点域以节点模块的方式显示并能组合多个不同功能的节点模块，构成反映网络中硬件和软件的节点域模型；利用节点域模型所构成的节点能在网络域建立起反映实际网络的模型。OPNET Modeler 使用离散事件驱动的仿真模拟机理，将基于包的分析方法和基于统计的数学建模方法结合起来，既可得到非常详细的仿真结果，也大大提高了仿真效率。OPNET 还具有丰富的统计量收集和分析功能，可以直接收集常用的各个网络层次的性能统计参数，能够方便地编制和输出仿真报告，并提供了网管系统和流量监测系统的接口，能够方便地利用现有的拓扑和流量数据建立仿真模型。

虽然 OPNET Modeler 有种种优点，但操作复杂，使用者需要长时间的学习才能够掌握和使用软件。本书基于对 OPNET Modeler 软件的研究，深入浅出地讲述了 OPNET Modeler 的建模机制、软件的使用和建模的方法。

本书第 1 章讲述网络仿真的概念和作用，简要介绍 OPNET 的主要产品和运行环境；第 2 章介绍 OPNET Modeler 系统界面的操作菜单和文件的管理，结合一个简单例子让读者对 OPNET Modeler 建模有初步的了解；第 3 章系统讲述 OPNET Modeler 的构架、仿真机制，包括对象和模型、事件和中断以及管道阶段等概念和运行机制；第 4 章介绍网络域的建模对象、网络域编辑器和创建网络模型的基本方法；第 5 章是在第 4 章的基础上详细地介绍在仿真网络拓扑上添加网络业务的方法，对每种所讲述的添加业务的方法提供具体的实例，通过该章的学习，读者能够掌握在网络仿真中添加网络业务的方法，理解建立具有可信网络域模型的关键；第 6 章介绍节点域的建模对象和节点域的建模方法，采用建立一个排队论实例使读者学习节点域建模以及统计量定义和收集的方式；第 7 章描述构成进程模型的状态和转移、变量和参数以及各类核心函数的功能和动态进程等与 OPNET Modeler 编程相

关的知识,以便读者理解 OPNET Modeler 编程的基础;第 8 章是在第 7 章的基础上介绍进程域编辑器、进程属性和进程域的开发方法,通过实例可使读者理解由上而下的建模方法,学习从进程域、节点域到网络域的建模方法;第 9 章针对 OPNET Modeler 自带的 OPNET 仿真调试器 ODB,讲述 ODB 的使用以及如何与 VC 结合联调,通过实例让读者学习 ODB 的调试过程;第 10 章系统描述仿真统计量的收集机制、收集方法以及统计数据的输出方式等,并给出收集不同统计量的实例;第 11 章描述无线建模的无线管道机制、天线和调制曲线编辑等无线建模的特殊部分,通过建立带干扰无线网络模型使读者学习无线建模的方法;第 12 章叙述 OPNET Modeler 所包括的应用刻画环境、应用环境解码模块、网络医生、流分析和专家服务预测等网络分析工具,并提供相应的实例让读者学习网络分析工具的使用。本书的特点是提供各个方面的实例,从而使读者能根据操作步骤学习 OPNET Modeler 的使用。

本书是作者在加拿大 Waterloo 大学电子和计算机工程系作访问学者期间完成的。在此感谢 Xuemin (Sherman) Shen、Weihua Zhuang 和 Jon W. Mark 教授,他们为本书的编写提供了大量的支持和帮助,特别在无线通信的研究方面,他们所在小组的研究成果处于世界领先水平,他们的工作给了我很多启发。

感谢邵玉斌副教授,他对本书的编写内容和版式提出了建议,校阅全文并编辑了部分插图。

感谢宋耀莲和杨秋萍助教,她们帮助我完成了部分章节资料的整理和校阅工作。

感谢徐明远教授和刘增力副教授,他们在本书的编写中给予了我各方面的支持和帮助。

本书在编写过程中还得到了研究生严军容、张士军、刘喻民、文永华、李辉和王浩云的支持,在此对他们表示感谢。

感谢我家人对我工作的支持。

感谢西安电子科技大学出版社的臧延新同志,我们的合作非常愉快和默契。

由于作者水平有限,书中不足之处在所难免,欢迎读者批评指正。

作 者
2006 年 3 月

目 录

第 1 章 OPNET 简介	1
1.1 网络仿真概述	1
1.1.1 什么是网络仿真	1
1.1.2 网络仿真需要关心的问题	2
1.1.3 常用的仿真流程	3
1.2 OPNET Modeler 简介	3
1.2.1 OPNET 的系列产品简介	3
1.2.2 OPNET Modeler 仿真平台简介	4
1.3 OPNET Modeler 软件运行环境	6
1.3.1 系统需求	6
1.3.2 环境变量的设置	7
1.4 OPNET 仿真应用简述	8
第 2 章 OPNET Modeler 的快速入门	10
2.1 OPNET Modeler 系统控制菜单编辑器简介	10
2.2 OPNET Modeler 文件格式	13
2.3 OPNET Modeler 文件的操作	15
2.3.1 文件的建立和保存	15
2.3.2 文件的打开	15
2.3.3 文件的删除	16
2.3.4 文件的命名	17
2.4 特殊文件目录	17
2.5 实例：建立简单星型网络	18
2.6 OPNET Modeler 建模中的相关概念	29
第 3 章 OPNET Modeler 的构架和仿真机制	31
3.1 OPNET Modeler 的构架	31
3.1.1 分层	31
3.1.2 对象和模型	31
3.2 属性	33
3.2.1 属性的定义	33
3.2.2 属性的来源	33
3.2.3 属性的分类	34
3.2.4 属性的特性	35
3.2.5 属性的设置	37
3.2.6 属性的状态	38
3.3 OPNET Modeler 网络仿真机制	38

3.3.1 事件的属性	38
3.3.2 事件的执行	39
3.3.3 仿真时间和运行优先级	42
3.4 事件的分类	43
3.5 OPNET Modeler 的通信机制	46
3.5.1 基于包的通信机制	46
3.5.2 基于 ICI 的通信机制	49
3.5.3 基于统计线的通信机制	51
3.6 管道阶段	53
3.6.1 管道阶段的概念	53
3.6.2 管道阶段的仿真机制	53
3.6.3 各个管道阶段的目的	55
第 4 章 OPNET Modeler 网络域建模	58
4.1 网络域的建模对象	58
4.1.1 子网	58
4.1.2 通信节点	59
4.1.3 通信链路	60
4.2 网络域的主要编辑器	64
4.2.1 菜单	65
4.2.2 工具栏	71
4.3 网络拓扑的建立	71
第 5 章 网络业务建模	76
5.1 网络业务建模概述	76
5.1.1 ON/OFF 机制	76
5.1.2 业务分类	78
5.2 标准应用业务分类及对应参数	80
5.2.1 标准应用业务分类	80
5.2.2 应用业务建模的相关术语	80
5.2.3 OPNET Modeler 标准网络应用业务的业务参数	81
5.3 应用业务配置建模的全局对象	86
5.3.1 任务全局对象	87
5.3.2 应用业务配置全局对象	89
5.3.3 应用业务规格全局对象	90
5.4 应用业务配置建模过程	92
5.4.1 标准应用业务配置建模过程	92
5.4.2 客户自定义应用业务	97
5.4.3 应用业务建模顺序	101
5.5 基于流方式建模	102
5.5.1 应用业务流添加应用业务	102

5.5.2 IP 流业务建模	105
5.5.3 链路背景流建模	106
5.6 网络业务建模的实例	107
实例 1: 标准应用业务配置建模(1).....	107
实例 2: 标准应用业务配置建模(2).....	114
实例 3: 应用业务流建模	117
实例 4: 客户自定义建模	120
第 6 章 节点域建模	126
6.1 节点域建模对象	126
6.1.1 处理器模块	127
6.1.2 队列模块对象	129
6.1.3 收/发机模块对象	130
6.1.4 连接模块对象	132
6.2 节点域接口	134
6.2.1 节点模块的属性	134
6.2.2 节点接口	135
6.2.3 节点统计	136
6.2.4 设定节点信息	137
6.3 节点域编辑器	137
6.3.1 菜单	138
6.3.2 工具栏	139
6.4 建立节点模型	140
6.4.1 节点模块的开发原则	140
6.4.2 分层协议模型的建立	140
6.5 实例: 排队模型	141
第 7 章 OPNET Modeler 编程基础	148
7.1 Proto-C 的组成	148
7.2 状态转移图	149
7.2.1 状态	149
7.2.2 转移	154
7.3 变量及文件	154
7.3.1 变量概述	154
7.3.2 状态变量	156
7.3.3 临时变量	156
7.3.4 全局变量	157
7.3.5 函数区及外部文件	158
7.4 OPNET 的主要核心函数	159
7.4.1 OPNET 核心函数的命名规则	159
7.4.2 包类核心函数	160

7.4.3	事件类核心函数	161
7.4.4	中断类核心函数	163
7.4.5	进程类核心函数	165
7.4.6	队列和子队列类核心函数	166
7.4.7	编程类核心函数	167
7.4.8	分布类核心函数	169
7.4.9	流核心函数	169
7.4.10	接口控制类核心函数	170
7.4.11	标识类核心函数	170
7.4.12	分割与重组类核心函数	172
7.4.13	拓扑结构类核心函数	173
7.4.14	统计类核心函数	173
7.4.15	表格类核心函数	174
7.4.16	传输类核心函数	174
7.5	进程的控制	175
7.5.1	动态进程	175
7.5.2	进程的内存构架	175
7.5.3	动态进程的操作	177
第 8 章	OPNET Modeler 进程域建模	179
8.1	进程域编辑器	179
8.1.1	菜单	179
8.1.2	工具栏	181
8.2	进程域的属性	181
8.3	进程模型开发方法	183
8.3.1	定义系统的上下关系	184
8.3.2	确定节点模块及节点模块间的通信机制	184
8.3.3	分解进程	186
8.3.4	事件的枚举	186
8.3.5	状态层上进程的分解	187
8.3.6	开发状态转移图	187
8.3.7	进程动作说明	189
8.3.8	初始状态的选择	192
8.4	实例: 包交换模型(1)	192
第 9 章	OPNET 程序调试	210
9.1	ODB 的基本概念	211
9.2	ODB 的基本命令	211
9.2.1	ODB 的进入和退出	211
9.2.2	ODB 使用帮助	213
9.2.3	ODB 命令简介	213

9.2.4 ODB 的显示及缓存调整.....	215
9.3 ODB 的常见错误及实例.....	216
9.3.1 常见问题.....	216
9.3.2 ODB 的使用过程.....	218
9.4 实例：调试——包交换模型(2).....	218
9.5 与 VC 的联合调试.....	226
第 10 章 仿真统计的收集和结果输出.....	227
10.1 数据收集.....	227
10.1.1 数据收集阶段.....	227
10.1.2 仿真输出类型.....	228
10.2 统计收集机制——探针.....	229
10.2.1 探针的概念.....	229
10.2.2 探针分类.....	230
10.2.3 探针编辑器.....	233
10.3 统计量的收集.....	234
10.3.1 矢量统计.....	234
10.3.2 标量统计.....	236
10.3.3 探针的属性.....	237
10.4 仿真执行.....	238
10.4.1 仿真输入控制.....	238
10.4.2 仿真执行环境参数说明.....	239
10.5 输出结果显示.....	244
10.5.1 矢量文件的输出显示.....	244
10.5.2 标量文件的输出显示.....	245
10.6 仿真统计的实例.....	245
实例 1：建立探针收集矢量统计.....	245
实例 2：收集标量文件.....	248
实例 3：多个仿真统计的定义方式——包交换模型(3).....	251
第 11 章 无线建模.....	256
11.1 OPNET Modeler 无线通信仿真基础.....	256
11.2 无线建模对象.....	257
11.2.1 无线建模的网络域对象.....	257
11.2.2 无线建模的节点域对象.....	259
11.3 运动轨迹.....	260
11.3.1 分段定义轨迹.....	260
11.3.2 矢量定义轨迹.....	263
11.4 无线管道阶段机制.....	263
11.4.1 无线链路的建模特点.....	264
11.4.2 无线管道阶段概述.....	265

11.4.3 无线管道各个阶段的作用	270
11.5 天线建模	278
11.5.1 空间位置的表示	278
11.5.2 天线建模的基本原理	279
11.5.3 天线编辑器	280
11.6 调制曲线	282
11.7 无线链路建模实例	283
第 12 章 OPNET Modeler 网络分析工具	296
12.1 ACE 及解码模块	296
12.1.1 ACE 的特征	296
12.1.2 ACE 的工作流程	297
12.1.3 仿真网络中 ACE 的捕捉	298
12.1.4 观看结果	298
12.1.5 AppDoctor 的网络分析	303
12.1.6 AppDoctor 的快速预测	306
12.2 网络医生	308
12.2.1 网络医生的工作流程	308
12.2.2 规则的选取	308
12.2.3 输出结果	310
12.3 流分析	310
12.3.1 流分析的特点	311
12.3.2 流分析的工作流程	311
12.3.3 IP 流分析	312
12.4 专家服务预测系统	318
12.4.1 专家服务预测的特点	318
12.4.2 定义服务水平	318
12.5 利用网络分析工具建模的实例	318
实例 1: 基于 ACE 向导下的 ACE 实例	318
实例 2: 手动配置下的 ACE 实例	323
实例 3: 专家服务预测系统建模	328
参考文献	334

第1章 OPNET 简介

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的规划和设计。传统上，这一设计主要依靠经验来完成，这种方式不容易抓住问题的关键，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规划设计提供客观、可靠的定量依据，能缩短网络建设周期，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。

在新协议的开发上往往是根据协议标准完成协议算法，其应用于实际网络的效果需要在实际网络中进行大量的测试才能得出结论，这不仅影响网络协议的开发周期，也产生了大量附加的工作量，而网络仿真技术的出现则可做到在协议算法开发之初就能够通过仿真实验验证各种算法，分析问题，为研究提供了有力的开发平台。OPNET Modeler 是强有力的建模工具之一。

1.1 网络仿真概述

1.1.1 什么是网络仿真

什么是网络仿真呢？概括地说，网络仿真是一种利用数学建模和统计分析的方法模拟网络的行为，从而获取特定的网络特性参数的技术。

网络仿真的应用包括：

(1) 网络仿真能够为网络的规划设计提供可靠的定量依据。以往网络数据是通过实际网络监测系统得到的，这些数据是在网络建设完成并运行后得到的实际数据，需要对监测数据进行分析处理后才能得到结果，事实上，此时要进行网络更改已经很困难了。而网络仿真技术能够迅速地建立起现有网络的模型，方便地修改模型并进行仿真，获取特定网络的性能参数，这使得网络仿真非常适用于网络设计和规划。

(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的优劣。即根据设计方案建立模型，并模拟网络行为以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。

(3) 容量规划和服务等级协议的预测服务。对于网络的规划和设计者而言，容量规划是其必须考虑的一个问题，现有的网络何时需要扩容，网络的哪一部分最需要优先考虑，这是一个难度很大的工作。网络仿真技术能提供网络预测服务，根据网络用户和流量增长趋势的分析，通过模拟实验提供准确的网络性能预测报告。网络预测服务包括识别和预测网络设备瓶颈、服务器瓶颈和网络拥塞以及网络升级的最佳时机等。在国外，容量规划已经

成为一种预测 IT 需求、合理利用 IT 资源、降低升级成本的有效手段。容量规划师已经是一种新兴的职业。随着中国 IT 技术的发展,容量规划也将成为网络设计的一个重要组成部分。

(4) 故障分析。网络仿真系统可以模拟实际网络中的各种故障,如链路中断、服务器重启等情况。因此对于可能出现的故障,通过仿真可以知道在这种情况下用户将会受到怎样的影响,路由协议需要多长时间收敛,路由跳数是否会增加太多,备用链路的带宽是否足够等。

(5) 网络仿真可以对新协议进行分析。协议的性能分析是很重要的环节。数学建模是协议分析的重要方法,而模型正确性的验证又必须通过仿真实验进行,所以网络仿真是进行新协议机制研究的重要手段。

仿真技术的应用日益广泛,网络仿真软件的开发和应用已逐渐被更多的人所重视。在国外,网络仿真技术的研究和应用已有十多年的历史。开始主要用于网络协议和设备的开发与研究,现在网络仿真软件的开发商已把市场目光投向网络的设计和规划。网络仿真的用户群包括研究人员、开发者、网络设计和规划者。

1.1.2 网络仿真需要关心的问题

因为是基于数学模型和统计分析方法,所以网络仿真是复杂而细致的工作,需要保证仿真结果的正确性。当进行网络仿真时,应进行哪些步骤,完成什么工作呢?根据仿真实论,进行仿真模拟网络系统的主要步骤及要关心的问题如下:

(1) 明确仿真目的。作为系统仿真的第一步,应清楚仿真的目的,明确要研究的问题。

(2) 理解系统。明确所要仿真系统的结构和构成系统模块之间的相互关系。运行的业务和可能的数据量是仿真分析最为关键的一步,建模者对系统理解的准确性将会影响所建模型的准确性。

(3) 选择需要建模的方面。网络模型包含的内容很广泛,在建立模型时,并不需要将系统所有方面都包含在模型中。突出重点、简化次要问题,建立能反映问题的模型是研究问题的方法。建模者明确研究内容后应有选择地突出研究重点。

(4) 定义输入和输出。在网络仿真中输入和输出通常指网络业务或数据量,正确确定业务量或数据量的概率分布、流量大小等是达到网络模型可行度分析的关键。

(5) 确定网络模型。仿真软件是建立网络模型的基础。建模者必须能够熟练地使用网络建模工具,并根据仿真系统分析的结果,确定系统中的参数、变量及其相互之间的关系,构建仿真系统的模型。

(6) 确定输入。在初步建立的模型下输入业务数据。

(7) 可信度与模型的完善。初步建立的模型是否真实地反映要仿真的网络,包括网络存在的缺陷,这就是所建模型可信度的问题。模型的可信度取决于建模所用信息的“原材料”(先验知识、试验数据)是否正确完备,将数学模型转化为仿真算法的仿真模型是否完善等。建模中任何一个环节的失误,都会影响模型的可信度。在模型建立好以后,对模型进行可信度检验是不可缺少的重要步骤。网络测量的先验知识、检测工具是非常重要的。通过发现问题找出影响系统性能的原因并进行修改,完善模型,这是一个多次重复的过程。

(8) 仿真结果是否足够详细,仿真结果要能够解释所研究的问题。仿真计算是对所建立的仿真模型进行数值实验和求解的过程,不同的模型有不同的求解方法。网络仿真通常采

用概率分析并基于离散事件的仿真方法,使得仿真过程变为一个数值实验的过程。要考虑所得的结果是否能满足建模者分析问题的需要,在答案是否定的情况下需要调整模型和输入数据量。

(9) 结果是否可用。本阶段是对仿真模型运行后所产生的数据进行分析,其目的是从运行阶段所产生的数据中找出系统运行规律,对仿真系统的性能做出评价,为系统方案的最终决策提供辅助支持。仿真结果的分析通常采用统计学的分析方法,对仿真数据的可靠性、一致性、置信度等做出判定。最终将仿真结果以动画、曲线、图表和文字等形式形成仿真报告或论文。现代仿真软件广泛采用可视化技术,通过图形、图表,甚至动画生动逼真地显示出被仿真对象的各种状态,使模拟仿真的输出信息更加丰富、详尽,更加有利于对仿真结果的科学分析。通过这些分析,建模者能够对结果是否达到统计的稳定状态有一个明确的结论。

1.1.3 常用的仿真流程

图 1-1 所示是一般的仿真流程。其中,理解系统和理解仿真目的是建立准确模型的关键,从建模步骤中也可以看出,要对仿真结果进行分析。因为并不是每次产生的结果都是可用的,需要分析其是否准确,在结果出现问题时需要审核模型,修改模型。所以说建立准确的模型是一个循环的过程。

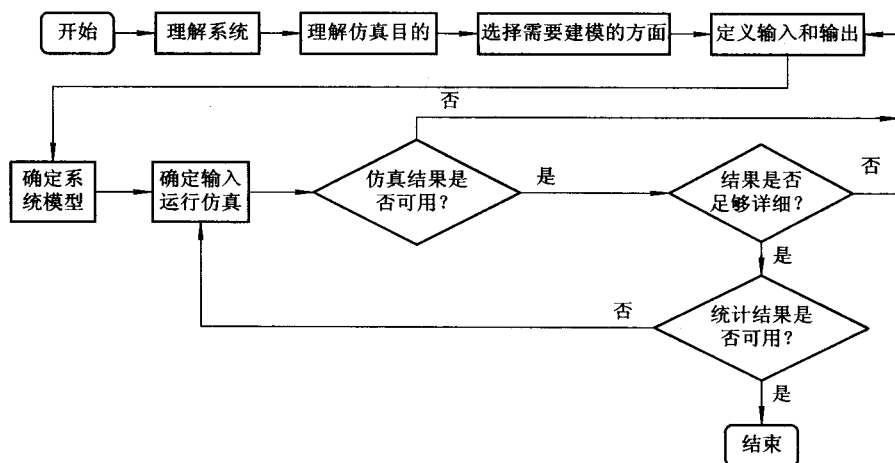


图 1-1 仿真流程

1.2 OPNET Modeler 简介

1.2.1 OPNET 的系列产品简介

OPNET Technologies, Inc. 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,1987年开发出第一款 OPNET 软件。OPNET 产品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,分成四个核心系列。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。四个核心系列产品包括:

(1) **SP Guru**: 是面向网络服务提供商的智能化网络管理软件。其主要完成对 2 至 3 层,包括路由器、交换机、协议和数据流的建模。内嵌的智能系统可以帮助客户进行网络规划、排错、验证以及部署流量工程,比如部署基于 MPLS 的 VPN 和流量工程,帮助从电路交换过渡到数据交换网络或者采用 3G 新技术。**SP Guru** 还可以在早期发现业务服务等级的隐患,帮助服务提供商有效地进行服务质量管理。顺利部署新业务和优化网络,同时能够减少开支,意味着服务提供商获得了安全的收益。**SP Guru** 是 OPNET 公司的最新产品。

(2) **IT Guru**: 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。**IT Guru** 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),根据网络服务水平协议,指出可能存在的瓶颈并提出多种解决方案。它可以在 NT 和多种流行的 UNIX 平台上运行。

(3) **WDM Guru**: 用于波分复用光纤网络的分析、评测,使得业务提供商和网络设备制造商设计出健全的且节约成本的光纤网络。**WDM Guru** 提供详细的硬件成本信息和配置信息,也可以整体展示规划网络不同层面的变更。**WDM Guru** 还通过计算发生故障的可能性以及预测相应的损失来帮助业务提供商减少运营风险。**WDM Guru** 使得业务提供商针对其投资做出成熟的商业决策。

(4) **OPNET Modeler**: OPNET 全线产品的核心是基于 **OPNET Modeler**。其为技术人员(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。每个产品针对不同的用户群做了相应的改变。**OPNET Modeler** 能够准确分析复杂网络的性能和行为,在网络模型中的任意位置都可以插入标准的或用户指定的探头,以采集数据和进行统计。通过探头得到的仿真输出可以以图形化显示,数字方式观察,或者输出到第三方的软件包中。此外,一系列仿真运行的结果被自动整理到一个单一的 **OPNET** 输出文件中,以便于比较分析(比如相对于网络负载的端对端延迟)。

本书将以 **OPNET Modeler10.0A** 为样本,从各个建模域描述建模软件的使用方法和建模思想。

1.2.2 OPNET Modeler 仿真平台简介

在 OPNET 的各类产品中,**OPNET Modeler** 几乎涵盖了其他产品的功能。该软件采用面向对象的建模方法和图形化的编辑器,反映实际网络和网络组件的结构,提供全面支持通信系统和分布式系统的开发环境。**OPNET Modeler** 灵活的层次建模方式,能支持所有网络研究相关通信、设备与协议。

作为广泛应用的系统开发平台,**OPNET Modeler** 的主要特点如下:

(1) 层次化、模块化的建模机制。在 **OPNET Modeler** 中,采用与实际系统相类似的层次化结构建模。最下层是进程域模型,用有限状态机、C 或 C++ 以及 **OPNET** 自带的核心函数实现各种协议算法。第二层是节点域,由能实现不同功能的模块组成,反映设备的硬件和软件特性。最上层利用各种网络设备模型,映射现实网络。图 1-2 所示的是三个层次的模型。

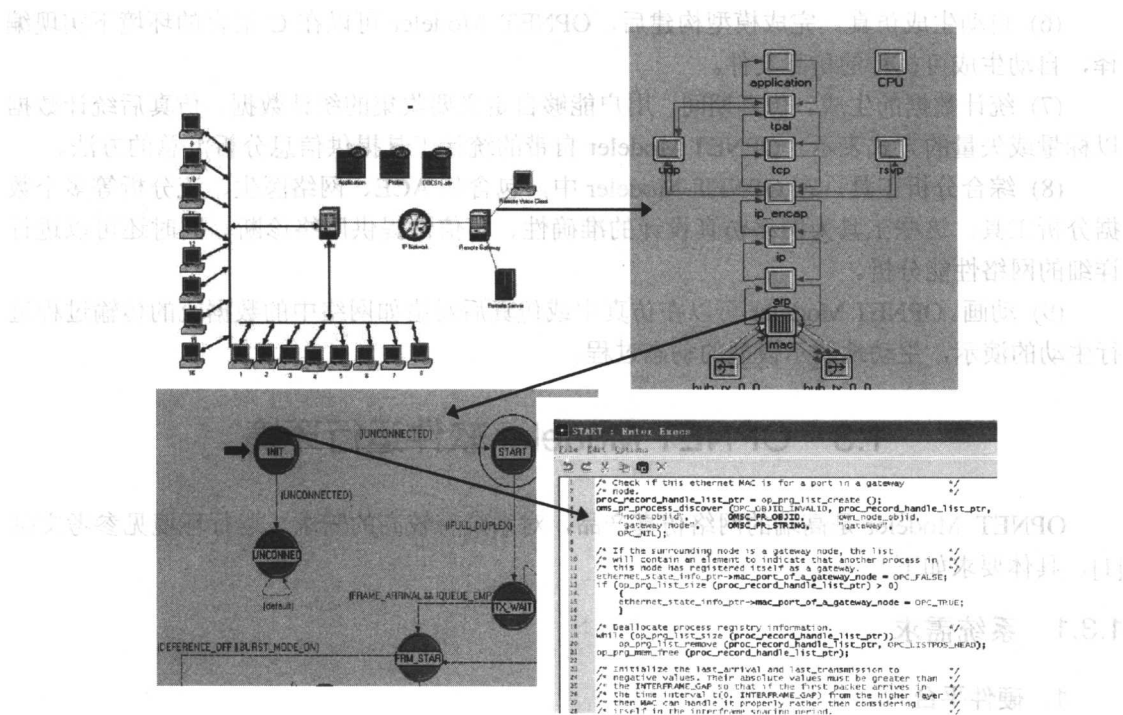


图 1-2 OPNET 的建模层次

层次化的概念还体现在利用子网建立嵌套网络拓扑。OPNET Modeler 采用将大网络中某个小部分抽象为“子网”的方法突出网络拓扑结构。

(2) 面向对象的建模方式。OPNET Modeler 采用面向对象的方式建模。每类节点用相同的节点模型，再针对不同的对象设置特定的参数。例如，在图 1-2 中，存在 16 个工作站，这 16 个工作站的节点模型均相同，所不同的是各个工作站的地址、应用层的业务不一样。

(3) 丰富的模型库。OPNET Modeler 提供标准模型库，包括 x.25、ATM、FDDI、Frame Relay、Ethernet(10M、100M、1000M)、Token Ring、TCP/IP、UDP、RIP、OSPF、LAPB、TP4、DQDB、HSSB、J1850、STB、CATV、SNA、AMPS、VSAT、Circuit Switching、Client-Sever 等现有设备的标准模型库，同时还有 3COM、Cisco、Sun 等多个厂家的现有设备。这些设备包含了网络域、节点域、模型结构。同时随着技术的发展，OPNET 还提供包括无线模块、并行仿真、高级体系构架以及网络分析工具等附加模块。

(4) 图形化的建模方式。不论是网络域、节点域和进程域，还是传输链路、网络中流动的包等，OPNET Modeler 均采用图形化的编辑器完成模型的构建。

(5) 灵活的建模机制。在进程域中，采用有限状态机和 C/C++ 以及 OPNET Modeler 自身所提供的 400 多个核心函数可以实现自定义设备，或者根据协议、算法，开展协议研究等。OPNET Modeler 中的源代码完全开放，用户可以根据需要添加、修改源代码。同时就模型库而言，OPNET 仿真模型库与其网络仿真引擎(OPNET Modeler, IT Guru, Application Decision Guru 等)是分离的。这种设计方式方便了模型的修改、升级。OPNET 由专业部门负责对模型库进行及时更新。同时客户还可以根据自己的要求定制模型。