

OPNET

陈敏 (Min Chen) 编著

网络仿真



清华大学出版社

# OPNET 网络仿真

陈 敏 ( **Min Chen** ) 编著

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书深入而系统地讲解了 OPNET Modeler 网络建模的基本使用技巧、重点和难点，尤其是业务建模、无线建模以及动态进程、外部模块访问、高级体系架构程序的开发，并给出了极具参考价值的实用编程技巧。

本书共 15 章，并分为由浅入深的 4 个部分，内容详实，可读性强，是 OPNET 开发人员的一本不可多得的参考书籍。它能帮助 OPNET Modeler 的初学者迅速跨越到 OPNET 高级程序员的行列。同时，使用本书还能够帮助资深的 OPNET 程序员快速掌握 OPNET Modeler 新版本中出现的新技术。

版权所有，翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

出 版 者：清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机：010-62770175

地 址：北京清华大学学研大厦

邮 编：100084

客户服务：010-62776969

责任编辑：马 丽

封面设计：

版式设计：冯彩茹

印 刷 者：

装 订 者：

发 行 者：新华书店总店北京发行所

开 本：185×260 印张： 字数： 千字

版 次：2004 年 月第 1 版 2004 年 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 7-

印 数：1~ 000

定 价： .00 元

## 引 言

近年来，由于网络日趋复杂、网络规模日趋庞大，网络仿真技术应用于网络规划和设计的需求日渐强烈。我国网络仿真虽然起步较晚，但是网络的迅猛发展必将强劲地拉动网络仿真技术的研究和应用。未来数年将是网络仿真技术蓬勃发展的时期，今后网络仿真必将成为数据网络规划设计不可缺少的环节。

如何有效逼真地对复杂的通信系统进行建模仿真是个富有挑战性的课题，网络仿真的种种困难随着 OPNET、NS2 等网络仿真工具的诞生迎刃而解，而 OPNET 是目前网络仿真工具中的很好的一个，但是由于操作复杂，使用者一般需要半年或以上时间的培训和自行研究才能熟练地掌握。针对这个问题，本书基于对 OPNET 软件的研究，由浅入深地介绍了用其进行通信仿真系统建模的整个过程。

本书第 1 章针对暂时没使用过 OPNET 的读者，侧重于对 Modeler 仿真环境和工具的概要性介绍。通过一个简单的例子说明如何建立网络模块，包括定义拓扑，设定业务流量，收集统计量，分析仿真结果；第 2 章介绍 OPNET Modeler 的安装；作为 Modeler 用户，要创建自己新的协议模块，首先必须了解 OPNET 采用何种仿真机制，第 3 章介绍了一些 OPNET 主要的通信机制，比如基于事件出发的模拟方式如何，封包是怎样传输的；第 4 章介绍 OPNET 中所有的编译器；第 5 章介绍如何收集、查看、分析及发布仿真结果的有关操作；第 6 章读者将简单地建立网络模型、节点模型和进程模块，并收集统计量及分析仿真结果，从而了解 OPNET Modeler 编程的基本流程，接着描述了 OPNET 各类核心函数功能如何，在何处用及怎么用，之后介绍了动态进程的编程技巧；以后的章节重点放在 OPNET 使用的高级技巧及高级应用上，这也是本书的主要内容所在。当把网络模型建立起来后，却运行出错，或者仿真结果不是所要，第 7 章将告诉我们如何使用 OPNET 自带的调试功能，如何与 VC 结合联调；第 8 章介绍如何对业务进行模拟，如何选择并组合不同的业务建模技巧，如何在仿真精确度和时间上达到一个最好的平衡点；第 9 章介绍无线建模的功能和所支持的移动方式有哪些，无线链路中各种各样的影响在 OPNET 中如何体现，应该如何修改。由于无线固有的广播传输方式带来的仿真时间急剧增加，那么如何缩短仿真时间和提高仿真效率；第 10 章重点介绍了当前热门的无线 IEEE 802.11 模块；针对某些读者对动画的强烈兴趣，第 11 章将介绍如何对动画进行编程；第 12 章将通过一个自定义流体协议教程将读者带入 OPNET 应用层的内部构架；第 13 章介绍如何建立一个简单的 IP 协议；第 14 章和第 15 章对 EMA 和 HLA 的应用性讲解相信会受到某些读者的强烈关注。本书最大特点是尽量配合 Modeler 实际操作并参杂作者大量的实际经验，从而使读者可以较好地理解 OPNET 当中的运作。

谨以此书向我导师韦岗教授、余英林教授致以最诚挚的谢意。特别感谢本书的编辑马丽，我们的合作非常默契、愉快。

由于作者的水平有限，本书可能有很多不甚完善之处，书中错漏之处在所难免，欢迎读者批评指正，恳请读者对本书提出宝贵意见和建议，以便本人不断改进。

陈敏  
2003年10月于广州

# 目 录

## 第 1 部分 OPNET Modeler 简介

第 1 章 OPNET 仿真概述.....	6
1.1 网络仿真简介	
1.2 OPNET 简介	
1.3 OPNET 网络环境	
1.4 OPNET 编辑器简介	
1.5 配置一个简单的网络	
1.5.1 定义问题.....	28
1.5.2 建立网络拓扑结构.....	28
1.5.3 收集统计量.....	36
1.5.4 保存项目.....	38
1.5.5 运行仿真.....	38
1.5.6 查看结果.....	39
1.5.7 复制场景并扩展网络.....	40
1.5.8 再次运行.....	42
1.5.9 比较结果.....	42
第 2 章 OPNET Modeler 环境变量的设置及文件管理.....	45
2.1 OPNET Modeler 环境变量的设置.....	45
2.1.1 Windows 2000 下环境变量的设置.....	45
2.1.2 Unix 下环境变量的设置.....	45
2.2 OPNET 常用文件格式.....	24
2.3 OPNET 文件管理	

## 第 2 部分 OPNET Modeler 使用（基本篇）

第 3 章 OPNET 的通信仿真机制 .....	48
3.1 离散事件仿真机制 .....	48
3.1.1 OPNET 中的事件推进机制 .....	48
3.1.2 同一时刻事件优先级的界定 .....	49
3.2 基于包的通信 .....	50
3.3 使用接口控制信息进行通信 .....	53
3.4 点对点 and 总线管道阶段 .....	
第 4 章 Modeler 常用编辑器 .....	56
4.1 项目编辑器 .....	56
4.1.1 主菜单介绍 .....	57
4.1.2 弹出菜单介绍 .....	57
4.1.4 工具栏介绍 .....	60
4.1.4 对象模板相关操作 .....	60
4.1.5 常用的场景操作 .....	63
4.1.6 添加注释 .....	66
4.2 节点模型编辑器 (Node Model Editor) .....	66
4.2.1 主菜单介绍 .....	67
4.2.2 工具栏介绍 .....	68
4.2.3 接口 (Interfaces) 菜单的相关操作 .....	69
4.2.4 接口相关操作举例 .....	71
4.3 进程模型编辑器 .....	76
4.3.1 主菜单介绍 .....	76
4.3.2 弹出菜单介绍 .....	77
4.3.3 工具栏介绍 .....	78
4.3.4 接口 (Interfaces) 菜单的相关操作 .....	79
4.4 三个常用编辑器的运用举例 .....	82
4.4.1 设计进程模块 .....	83
4.4.2 实现进程模型 .....	83
4.4.3 创建状态转移 .....	85
4.4.4 定义条件和变量 .....	87
4.4.5 创建状态执行代码 .....	89
4.4.6 编辑进程界面 .....	90
4.4.7 编译进程模型 .....	90

---

4.4.8	创建节点模型	91
4.4.9	创建网络模型	92
4.4.10	运行仿真	95
4.4.11	分析结果	95
4.4.12	查看动画	98
4.5	链路模型编辑器(Link Model Editor)	99
4.6	包格式编辑器 (Packet Format Editor)	101
4.7	天线模式编辑器 (Antenna Pattern Editor)	102
4.8	调制曲线编辑器 (Modulation Curve Editor)	107
4.9	图标库编辑器 (Icon Database Editor)	110
4.10	仿真序列编辑器 (Simulation Sequence Editor)	112
<b>第 5 章</b>	<b>收集、查看、导出以及发布仿真结果</b>	<b>115</b>
5.1	收集统计量	115
5.1.1	收集矢量统计量	115
5.1.2	收集标量统计量	116
5.2	查看和导出仿真结果	116
5.3	发布仿真结果	
<b>第 6 章</b>	<b>OPNET Modeler 编程基础</b>	<b>118</b>
6.1	从例程开始——创建一个包交换网络	118
6.1.1	概述	118
6.1.2	开始建立	118
6.1.3	创建新的包格式	120
6.1.4	创建新的链路模型	121
6.1.5	创建中心交换节点模型	123
6.1.6	创建 hub 进程模型	126
6.1.7	创建周边节点模型	128
6.1.8	创建网络模型	135
6.1.9	收集统计量并分析结果	137
6.1.10	配置仿真	138
6.1.11	运行仿真	140
6.2	OPNET Modeler 核心函数介绍	143
6.2.1	动画类核心函数	143
6.2.2	分布类核心函数	149
6.2.3	事件类核心函数	150



6.2.4	接口控制类核心函数 .....	152
6.2.5	标识类核心函数 .....	152
6.2.6	内部模型访问类核心函数 .....	153
6.2.7	中断类核心函数 .....	154
6.2.8	包类核心函数 .....	155
6.2.9	进程类核心函数 .....	157
6.2.10	队列类核心函数 .....	158
6.2.11	分割与组装类核心函数 .....	159
6.2.12	统计类核心函数 .....	162
6.2.13	队列和子队列类核心函数 .....	163
6.2.14	表格类核心函数 .....	165
6.2.15	传输类核心函数 .....	165
6.2.16	拓扑结构类核心函数 .....	165
6.2.17	编程类核心函数 .....	166
6.3	子 进 程 .....	168
6.3.1	有关进程的几个概念 .....	169
6.3.2	子进程的初始化 .....	170
6.3.3	仿真核心使用权的管理模式 .....	170
6.3.4	进程对仿真核心控制权获取方式的识别 .....	172
6.3.5	进程间的内存共享机制 .....	173
6.3.6	使用子进程可能出现的几种错误	
	第 3 部分 OPNET Modeler 使用（高级篇） .....	186
第 7 章	OPNET 的调试 .....	175
7.1	查看 OPNET 日志文件	
7.2	使用 OPNET Debugger 调试 .....	175
7.2.1	ODB 调试概述 .....	175
7.2.2	针对结构错误（Structural Error）的 ODB 调试实例	
7.2.3	针对逻辑错误的 ODB 调试实例	
7.2.4	针对进程模块的 ODB 调试 .....	176
7.2.5	调整 ODB 窗口缓存大小 .....	181
7.3	OPNET 与 Visual C++ 联合调试 .....	183
7.3.1	VC 的安装及环境变量的设置 .....	183
7.3.2	修改 OPNET 有关与 VC 联合调试的属性 .....	184
7.3.3	仿真时 OPNET 与 VC 联合调试的步骤 .....	185

## 7.4 常见错误及其说明

## 第 8 章 业务建模

- 8.1 ON/OFF 业务建模
- 8.2 配置标准端对端业务
  - 8.2.1 设定应用参数
  - 8.2.2 设定业务主询
  - 8.2.3 配置服务器支持的应用
  - 8.2.4 设定客户端业务主询
- 8.3 自定义多端业务
- 8.4 流业务建模技巧
  - 8.4.1 针对语音和视频业务背景流的设置
  - 8.4.2 应用流背景流建模
  - 8.4.3 网络层背景流建模
  - 8.4.4 Micro-Simulation 技术
- 8.5 链路背景业务建模
- 8.6 混合业务建模

## 第 9 章 无线信道建模..... 186

- 9.1 无线模拟简介
- 9.2 无线移动方式
  - 9.2.1 分段移动方式
  - 9.2.2 设置向量轨迹的方式
  - 9.2.3 修改节点的位置属性
  - 9.2.4 使用移动配置器 (Mobility Config)
- 9.3 无线收发机管道建模 ..... 205
  - 9.3.1 接收主询 ..... 205
  - 9.3.2 传输时延 ..... 206
  - 9.3.3 物理可达性 ..... 206
  - 9.3.4 信道匹配 ..... 206
  - 9.3.5 发射机天线增益 ..... 207
  - 9.3.6 传播延时 ..... 208
  - 9.3.7 收信机天线增益 ..... 208
  - 9.3.8 接收功率 ..... 209
  - 9.3.9 干扰噪声功率 ..... 210
  - 9.3.10 背景噪声功率 ..... 210

---

9.3.11	信噪比 .....	211
9.3.12	误比特率 .....	212
9.3.13	错误分布 .....	212
9.3.14	错误纠正 .....	212
9.4	加快无线仿真的速度	
9.4.1	采用优化的仿真核心	
9.4.2	在仿真中动态删减接收主询成员	
9.4.3	简化无线封包的复制	
9.4.4	动态更新接收主询	
9.4.5	通过无线区域划分接收主询	
9.4.6	过滤无关的管道阶段	
9.4.7	采用并行仿真	
9.5	创建一个移动无线网络 .....	187
9.2.1	概述 .....	187
9.2.2	开始建立 .....	187
9.2.3	创建天线模型 .....	188
9.2.4	创建指向处理器 .....	192
9.2.5	创建节点模型 .....	193
9.2.6	创建网络模型 .....	197
9.2.7	收集统计量并运行仿真 .....	199
9.2.8	查看并分析结果 .....	202
<b>第 10 章</b>	<b>OPNET 标准模块介绍 .....</b>	<b>215</b>
10.1	IEEE 802.11 模块内部结构及仿真 .....	215
10.1.1	IEEE 802.11 无线局域网概述 .....	215
10.1.2	无线局域网的协议行为建模 .....	215
10.1.3	IEEE 802.11 无线局域网 MAC 的输入接口 .....	218
10.1.4	IEEE 802.11 无线局域网 MAC 的输出接口 .....	220
10.1.5	仿真和实验 .....	221
10.2	X.25 模块介绍 .....	224
10.2.1	引言 .....	224
10.2.2	基于 X.25 传输控制协议的应用会话建立流程 .....	225
10.2.3	基于 X.25 数据链路的建立和包交换流程 .....	226
10.3	干扰机模型 .....	227
10.4	OPNET IPv6 模块介绍及仿真 .....	257
13.1	ICMPv6 Route Print 场景 .....	257

13.2	Manual Tunnel.....	268
10.5	小区系统模型	
10.5.1	模型的导入	
10.5.2	模型的适用范围和限制	
10.5.3	模型包含的文件	
10.5.4	模型的属性	
10.5.5	模型的接口	
第 4 部分 OPNET Modeler 的高级应用.....		180
第 11 章	自定义动画编程的运用 .....	244
11.1	动态队列计量器 .....	244
11.1.1	设置探针属性	
11.1.2	动态队列计量器动画程序讲解	
11.2	无线包传输 .....	245
11.2.1	设置探针属性	
11.2.2	无线包传输动画初始化程序	
11.2.3	在接收功率阶段加入动画程序	
11.2.4	在干扰噪声功率计算阶段加入动画程序	
11.2.5	在错误纠正阶段加入动画程序	
第 12 章	自定义流媒体协议的实现 .....	231
12.1	OPNET 应用层建模构架 .....	231
12.2	自定义的应用协议 .....	232
12.3	修改头文件 “gna_mgr.h” .....	236
12.4	在应用配置进程模型中增加应用属性 .....	237
第 13 章	自定义 IP 协议的实现	
13.1	自定义 IP 协议接口	
13.2	IP 包的创建和高层数据包的封装	
13.3	IP 路由表初始化	
13.4	路由表的查找	
第 14 章	图形化建模和文本方式建模 EMA .....	229
14.1	EMA 配置网络模型 .....	229

---

14.2	EMA 与外部数据的接口	
14.2.1	EMA 设置对象的固有属性	
14.2.2	EMA 设置对象的自定义属性	
<b>第 15 章</b>	<b>高级体系架构(HLA)</b> .....	<b>331</b>
15.1	RTI 的安装及其环境变量设置	
15.2	建立控制联邦成员	
15.3	OPNET HLA 仿真实例	
15.3.1	准备所需的文件	
15.3.2	运行 HLA 仿真环境	
15.3.3	实现 HLA 交互	
15.3.4	多个 OPNET 联邦成员联机仿真	
<b>附录 A</b>	<b>本书中英文术语对照表</b> .....	<b>348</b>
<b>附录 B</b>	<b>参考文献</b> .....	<b>353</b>