

NS 2

仿真实验

——多媒体和无线网络通信

柯志亨 程荣祥 邓德隽 著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

NS2 仿真实验

——多媒体和无线网络通信

柯志亨 程荣祥 邓德隽 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以实验为基础, 兼顾教学需要, 介绍了 NS2 及 TCL 语言, 同时为使学生在学习理论之后能够有所实践, 提供了各种 NS2 实验过程。本书共有 26 个实验, 循序渐进地对学生和自学者所学习的理论进行验证, 方便教师讲解, 也便于工程技术人员自行学习和试验。

本书适合从事网络研究的教学科研人员以及工程人员阅读, 也可作为网络仿真的培训教程。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

NS2 仿真实验——多媒体和无线网络通信 / 柯志亨, 程荣祥, 邓德隽著. —北京: 电子工业出版社, 2009.3
ISBN 978-7-121-08360-0

I. N… II. ①柯…②程…③邓… III. 计算机网络—计算机模拟 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 024367 号

责任编辑: 雷洪勤

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 23.5 字数: 602 千字

印 次: 2009 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

序

计算机网络是一个相当复杂的系统，包含了各种通信协议和网络技术。网络仿真作为网络通信技术研究的重要手段之一，受到网络研究行业特别是高校和科研院所科研人员的青睐。网络仿真是指采用计算机软件对网络协议、网络拓扑、网络性能进行模拟分析的一种研究手段。它使很多研究人员能够在硬件条件不具备的情况下研究大规模网络，因此，网络仿真是网络通信研究中一种非常重要的方法。

《NS 2 仿真实验——多媒体和无线网络通信》一书深入浅出，以实例的方式详细介绍 NS 2 网络仿真工具。它提供了 NS 2 网络仿真器的相关知识，以实例的形式详细介绍如何使用 NS 2 进行网络仿真实验。

《NS 2 仿真实验——多媒体和无线网络通信》一书的繁体版目前被中国台湾地区的许多大专院校用来作为网络实验课的教材及参考书，甚至许多在西方留学的华人也购买此书的繁体版作为学习 NS 2 的入门书籍。对于有兴趣了解网络的人而言，这是一本值得参考的好书，对于想进一步研究网络运行的研究人员而言，这也是一本值得推荐的好书。

黄悦民

2009 年 2 月

前 言

计算机通信网络包含了许多复杂的概念、协议和错综复杂的技术，虽然市面上已有许多阐述这些通信技术的运行方法的教科书，但往往都缺少实际的操作实例。许多刚开始接触网络的初学者，往往很难去想像那些抽象的通信数据是如何在网络上传送的，这也因此成为许多人学习上的门槛。

为了帮助有兴趣从事网络研究的人能快速地了解计算机通信网络的奥秘，笔者将以多年使用 NS2 网络仿真器的经验编写成书，希望通过实际操作范例与工具介绍，使有兴趣从事网络研究的读者能跨越学习的门槛，缩短学习 NS2 网络仿真器的时间。

本书内容的安排上，大致可以分为基础、TCP、多媒体与无线网络这四大部分。在第一部分主要包括安装、仿真语法介绍、随机数产生器、置信区间、辅助工具使用等基础内容，此部分聚焦于 NS2 的使用、建立所需模拟的环境、对模拟的结果进行分析与数据绘图；第二部分旨在介绍不同版本的 TCP 之间的差异，并说明 TCP 同步化现象，以及一些影响 TCP 效果的因素；第三部分为多媒体视频传输的仿真。第四部分介绍 IEEE 802.11 无线局域网的仿真，包含 802.11 与 802.11e 的比较、无线路由协议的比较、多速率环境下网络效果异常现象等有趣的实验。

本书虽经不断校订，但仍恐有疏漏及错误之处，因此在笔者的网页中 (<http://hpds.ee.ncku.edu.tw/~smallko/ns2/ns2.htm>) 将提供勘误与读者互动，以期本书能日臻完善。

柯志亨

2009 年 2 月

目 录



实验一 安装篇	1
实验二 TCL 语言简介	10
实验三 TCP 与 UDP 模拟实验	23
实验四 随机数产生器	48
实验五 置信区间	57
实验六 nsBench	69
实验七 网络脚本生成器 NSG	82
实验八 网络效率测量	104
实验九 队列管理机制	125
实验十 动态路由	134
实验十一 各种 TCP 版本 (一)	141
实验十二 各种 TCP 版本 (二)	149
实验十三 各种 TCP 版本 (三)	164
实验十四 TCP 同步化现象	178
实验十五 影响 TCP 效果的几个因素	186
实验十六 流量整形器	203
实验十七 差异式服务网络	212
实验十八 无线网络封包传输遗失模型	235
实验十九 myEvalvid	244



实验二十	myEvalvid-NT	267
实验二十一	图像传输效果分析与评估	284
实验二十二	无线网络的传输问题探讨（一）：隐藏结点与暴露结点	298
实验二十三	无线网络效果分析（二）：Ad Hoc 网络路由协议效果分析	315
实验二十四	无线网络效果分析（三）：802.11b DCF 与 802.11e EDCA 的比较	332
实验二十五	无线网络效果分析（四）：IEEE 802.11b 的吞吐量	343
实验二十六	无线网络的传输问题探讨（五）：效果异常	353

实验一 安装篇

实验目的

1. 学习安装 cygwin。
2. 学习安装 myNS2 (NS-2.29 版本, 其中已经包含了许多外挂模块, 用户不需要再额外安装, 就可以轻松地执行本书中的所有实例)。

实验步骤

安装 cygwin (请在 Windows XP 或 Windows 2000 的环境下安装)。

- (1) 请执行安装光盘中的 setup.exe 文件, 如图 1.1 所示。

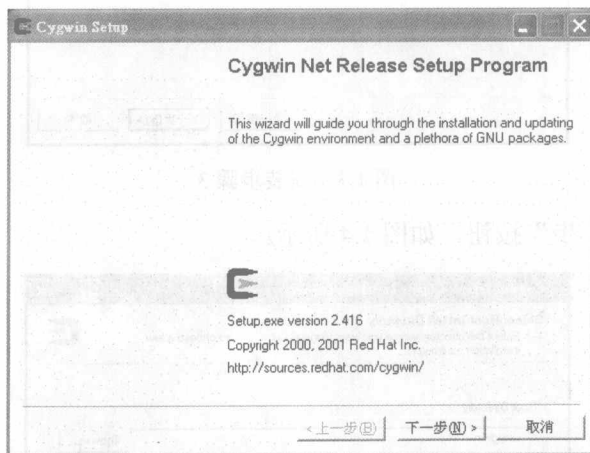


图 1.1 执行光盘中的 setup.exe 文件

- (2) 请单击“下一步”按钮, 如图 1.2 所示。

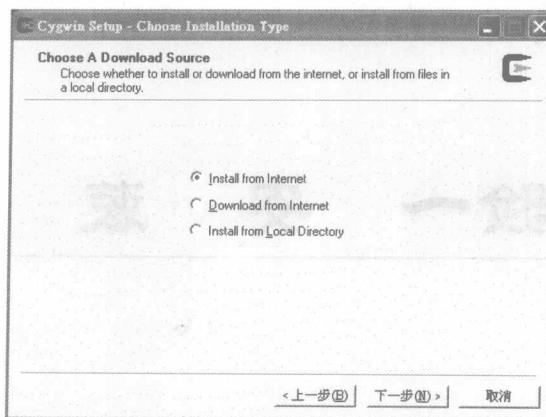


图 1.2 安装步骤 2

(3) 选择 “Install from Local Directory” 单选按钮，如图 1.3 所示。

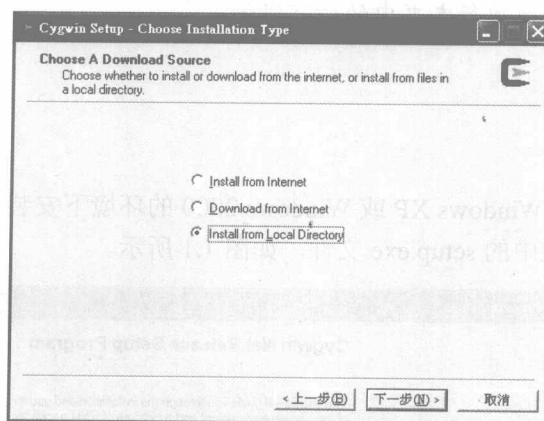


图 1.3 安装步骤 3

(4) 请单击 “下一步” 按钮，如图 1.4 所示。

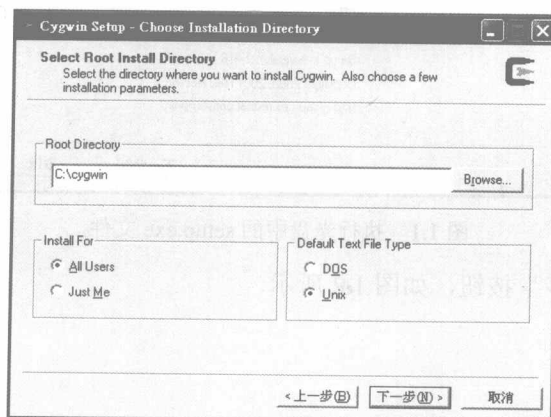


图 1.4 安装步骤 4



在“Root Directory”中，可以选择安装的目录，在这里建议大家使用默认的路径 `c:\cygwin`，另外两个选项也使用默认值即可。

(1) 请单击“下一步”按钮，如图 1.5 所示。

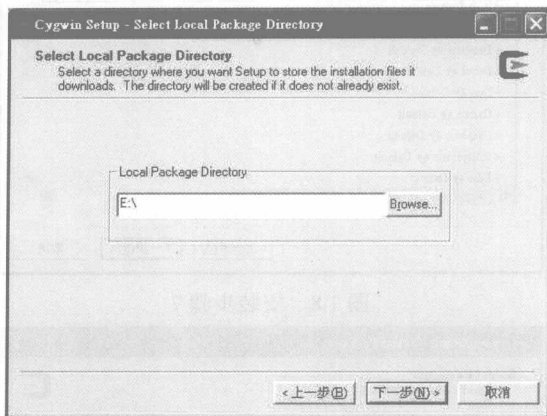


图 1.5 安装步骤 5

(2) 在“Local Package Directory”中，选择安装光盘中的 `ftp%3a%2f%2fftp.nctu.edu.tw%2fWindows%2fcygwin` 目录，因为安装 cygwin 中所有的软件都在这个目录中，如图 1.6 所示。单击“确定”按钮后，如图 1.7 所示。

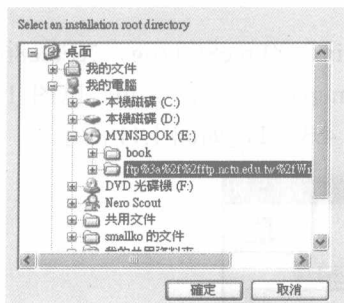


图 1.6 选择安装目录

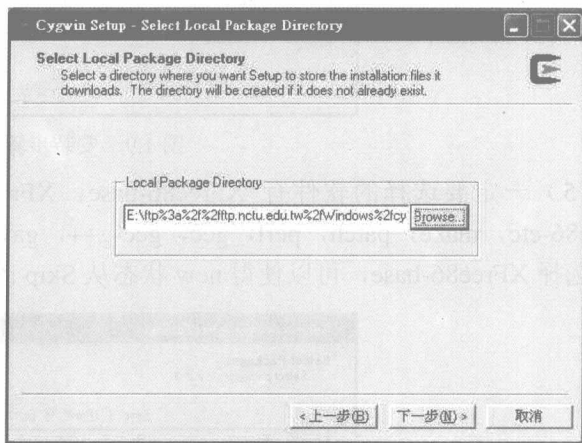


图 1.7 安装步骤 6

(3) 请单击“下一步”按钮，如图 1.8 所示。图 1.8 主要是让用户选择要安装的软件。

(4) 先选择 View，使得旁边的 Category 变成 Full，这样就可以对细部的选项进行选择，如图 1.9 所示。

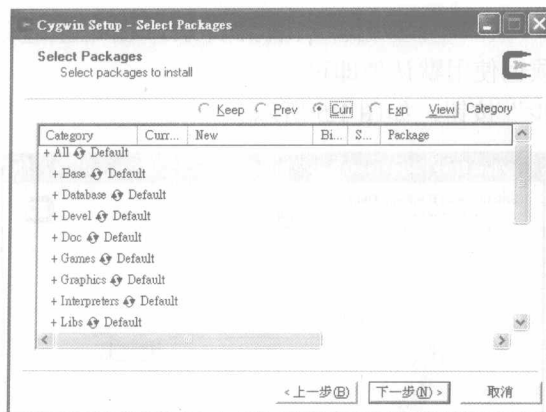


图 1.8 安装步骤 7

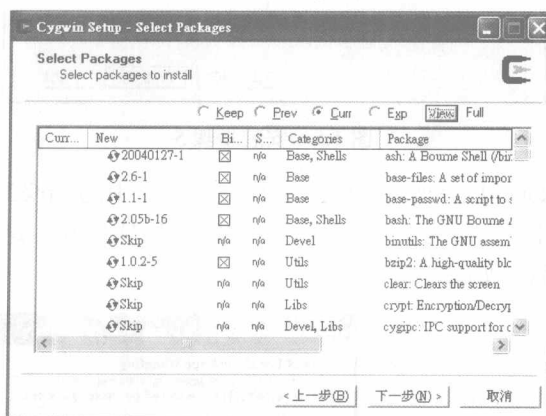


图 1.9 安装步骤 8

(5) 一定要选择的软件有 XFree86-base, XFree86-bin, XFree86-prog, XFree86-lib, XFree86-etc, make, patch, perl, gcc, gcc-g++, gawk, gnuplot, tar 和 gzip。以图 1.10 为例, 选择 XFree86-base, 可以使得 new 状态从 Skip 改变成 4.3.0-1, 如图 1.11 所示。

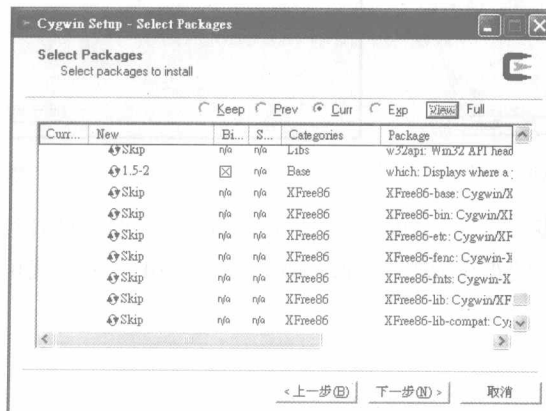


图 1.10 安装步骤 9

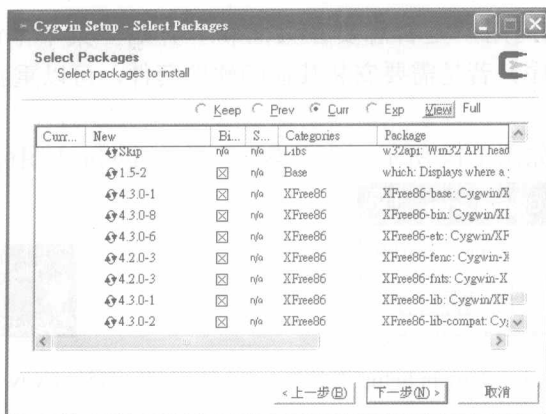


图 1.11 安装步骤 9-2

(6) 请单击“下一步”按钮，开始安装所选择的软件，如图 1.12 所示。

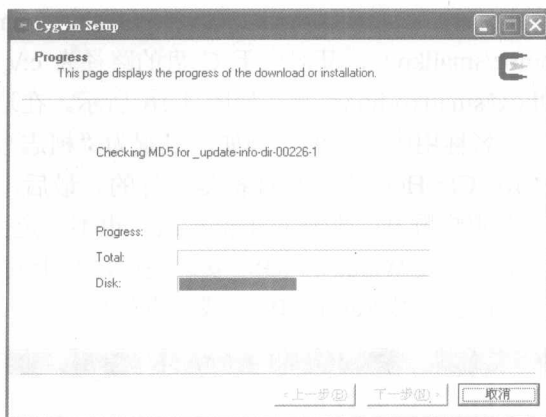


图 1.12 安装步骤 10

(7) 安装完成后，如图 1.13 所示。

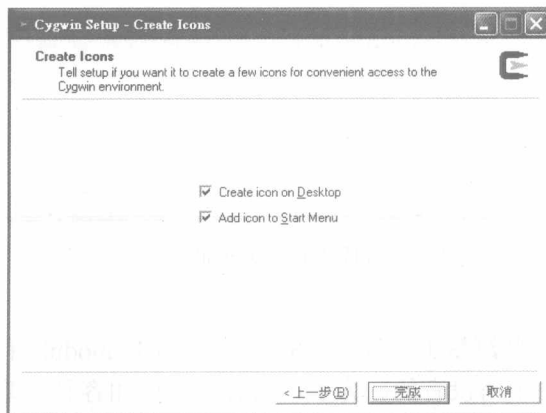


图 1.13 安装步骤 11



完成后，系统会询问用户是否想要在桌面和“开始”菜单中产生小图标。单击“完成”按钮以结束安装程序。若是需要安装其他的软件套件，可以重新执行 `setup.exe` 安装即可。

(8) 安装完成后，如图 1.14 所示。选中桌面上的 Cygwin 小图标，如图 1.15 所示。



图 1.14 Cygwin Setup 对话框



图 1.15 Cygwin 小图标

(9) 第一次执行的时候，系统会根据目前计算机的用户和计算机的名称等信息，在 Cygwin 的 home 目录下产生一个用户的文件夹，并放入环境变量设置等相关文件中（`.bashrc`、`.bashrc_profile` 和 `.inputrc`）。以笔者为例，笔者在 Windows XP 操作系统下的用户名称为 `smallko`，而使用计算机名称为 `smallko-hpds`，则 Cygwin 会为 `smallko` 在 home 目录下建立一个 `smallko` 目录（`/home/smallko`），其对应于 C 盘的路径为 `c:\cygwin\home\smallko`；而输入提示符号则为 `smallko@smallko-hpds~ $`，如图 1.16 所示。在这里值得注意的是关于用户名称的设置，请勿将用户名称用中文命名，例如，设置为“柯志亨”，或者把用户名称的字分开，例如，设置为“Ke Chi-Heng”，这样都是不行的。最后，再补充一点，并不是所有的机器安装 Cygwin 都会那样顺利，即使装了很多次，也不一定会出现类似图 1.16 的样子，这时，笔者建议直接重新安装 Windows XP，安装完后，马上安装 Cygwin，这样成功率会比较高。等安装成功后，再去安装 Service Pack 或防毒软件。

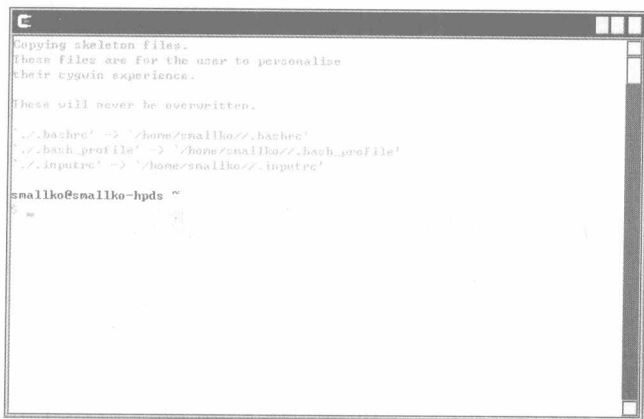


图 1.16 提示框

【安装 NS2】

由于本书中会用到一些测量工具程序，802.11e EDCF module 和多媒体传输模块等，而这些程序都是原本 NS2 中所没有的。为了让读者操作更加容易，笔者就事先把这些工具安装好，只要读者把下面的步骤做完，就可以轻松地操作本书中所有的实例，不需要再一个模块一个模块地安装。

(2) 使用 winrar 或其他解压缩软件解压缩。

(3) 打开 cygwin 的小窗口, 进入到 ns-allinone-2.29/ns-2.29 的目录下, 重新进行编译如 17 所示。

```
$ cd ns-allinone-2.29/ns-2.29/
$ ./configure; make clean; make depend; make
```

图 1.17 重新进行编译

(4) 重新编译完后, 如图 1.18 所示。

```
- ~/ns-allinone-2.29/ns-2.29
make[1]: Leaving directory '/home/snaillike/ns-allinone-2.29/ns-2.29/indep-utils/ncnscn-gen/testset'
make[1]: Entering directory '/home/snaillike/ns-allinone-2.29/ns-2.29/indep-utils/webtrace-convo/dec'
make[1]: Nothing to be done for 'all'.
make[1]: Leaving directory '/home/snaillike/ns-allinone-2.29/ns-2.29/indep-utils/webtrace-convo/dec'
make[1]: Entering directory '/home/snaillike/ns-allinone-2.29/ns-2.29/indep-utils/webtrace-convo/epa'
make[1]: Nothing to be done for 'all'.
make[1]: Leaving directory '/home/snaillike/ns-allinone-2.29/ns-2.29/indep-utils/webtrace-convo/epa'
make[1]: Entering directory '/home/snaillike/ns-allinone-2.29/ns-2.29/indep-utils/webtrace-convo/nlanr'
make[1]: Nothing to be done for 'all'.
make[1]: Leaving directory '/home/snaillike/ns-allinone-2.29/ns-2.29/indep-utils/webtrace-convo/nlanr'
make[1]: Entering directory '/home/snaillike/ns-allinone-2.29/ns-2.29/indep-utils/webtrace-convo/uch'
make[1]: Nothing to be done for 'all'.
make[1]: Leaving directory '/home/snaillike/ns-allinone-2.29/ns-2.29/indep-utils/webtrace-convo/uch'
```

图 1.18 编译结果

(5) 请从安装光盘中复制 `.bashrc` 到 `cygwin` 的目录下, 以笔者的计算机为例, 是复制到 `c:\cygwin\home\smallko` 的目录下, 取代原本的 `.bashrc` 文件。`.bashrc` 文件中有路径的设置, 复制完后, 请先关闭目前的 `cygwin` 窗口, 再重新打开一次, 使得路径设置能生效。但并不是所有的计算机, 复制 `.bashrc` 都能使得路径设置生效, 其解决的办法可以参考下面的操作说明。

(6) 最后请再把 `cygwin1.dll` 复制到 `c:\cygwin\bin` 的目录下, 以取代原本的那个文件, 由于在做多媒体传输时会用到一些工具程序, 这些程序是在别的版本下的 `cygwin1.dll` 下编译的, 所以要用这个新的版本 `cygwin1.dll`。

【测试安装是否成功】

(1) 请输入“startxwin.bat”，进入图形化接口窗口，如图 1.19 所示（只有需要执行 nam 或 gnuplot 程序时才需要使用 startxwin.bat，大部分情况下，是不需要使用的）。

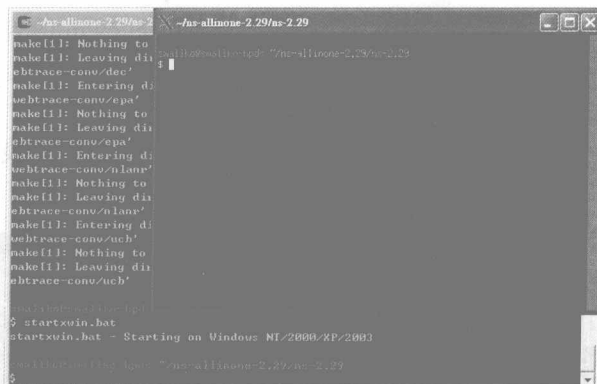


图 1.19 进入图形化接口窗口

(2) 切换目录到 ns-tutorial/examples 目录下, 输入 ns example2.tcl, 以测试 NS2 是否能够正确地执行实例, 如图 1.20 所示。

(3) 在模拟结束后, NS2 会去执行 NAM 程序, 把仿真结果可视化。若读者能看到类似如图 1.21 所示的结果, 就表示安装 NS2 成功。

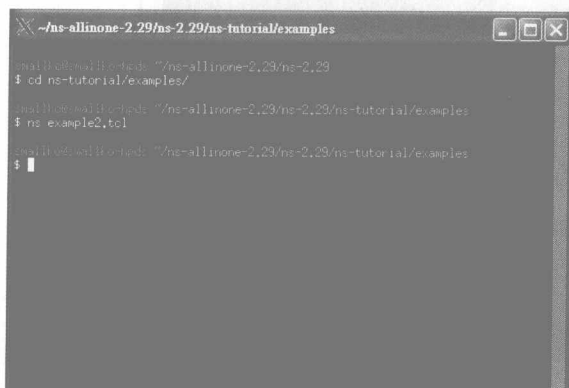


图 1.20 输入 ns example2.tcl

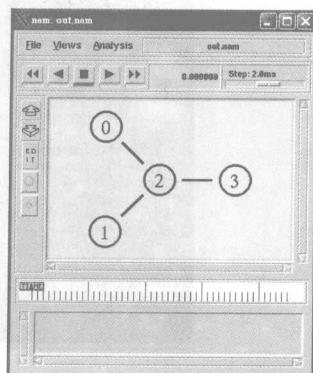


图 1.21 安装成功

(4) 但若是遇到类似图 1.22 的情况, 则表示路径的设置没有生效。

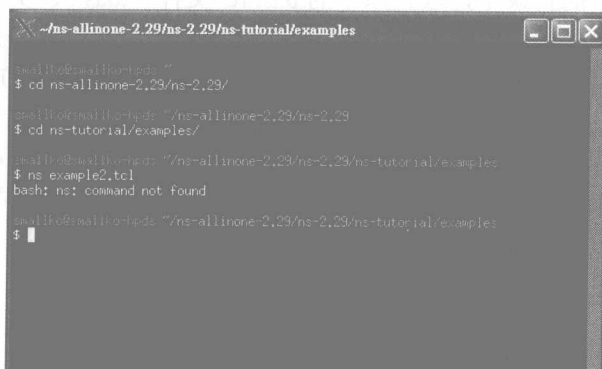


图 1.22 路径的设置未生效



(5) 其解决办法是去看看在 ns-allinone-2.29/ns-2.29 的目录下, 是否有 ns.exe 文件。如果有的话, 请复制 ns.exe 文件到要仿真的 tcl 同一目录下, 若有需要同时执行 nam, 也请把 nam.exe 复制到要仿真的 tcl 同一目录下, 如图 1.23 所示。

```
smallko@smallko-hpds ~/ns-allinone-2.29/ns-2.29/ns-tutorial/examples
$ cp ../../../../nam-1.11/nam.exe .
smallko@smallko-hpds ~/ns-allinone-2.29/ns-2.29/ns-tutorial/examples
$ cp ../../ns.exe .
```

图 1.23 检查是否有 ns.exe 文件

(6) 修改 example2.tcl 中的程序代码。

```
#Define a 'finish' procedure
proc finish {} {
    global ns nf
    $ns flush-trace
    #Close the trace file
    close $nf
    #Execute nam on the trace file
    exec ./nam out.nam &
    #原本是 exec nam.out &
    exit 0
}
```

(7) 再次使用 ./ns example2.tcl 执行模拟, 如图 1.24 所示。

```
smallko@smallko-hpds ~/ns-allinone-2.29/ns-2.29/ns-tutorial/examples
$ ./ns.exe example2.tcl
```

图 1.24 再次使用 ./ns example2.tcl 执行模拟

【参考文献】

- [1] <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.
- [2] <http://140.116.72.80/~smallko/ns2/ns2.htm>.
- [3] <http://www.sims.berkeley.edu/~christin/ns-cygwin.shtml>.
- [4] <http://www.isi.edu/nsnam/dist/>.

【补充说明】

1. 在执行本书中的实例时, 由于可能会用到一些随机数产生器, 所以模拟结果可能会与书中的结果不同, 但结果的值应该会很接近。
2. 书中所有的 TCL 程序代码都可以在 ns-allinone-2.29/ns-2.29/book 中找到。

实验二 TCL 语言简介

实验目的

学习 TCL 语言的基本语法。

背景知识

TCL (Tool Command Language) 在 NS2 中主要是用来描述脚本, 简单地说就是用来描述要仿真的网络环境和参数设置等。

实验步骤

【安装文书编辑软件 PSPad^[1]】

在开始学习编写脚本之前, 选择一个好用的文字编辑器非常重要。在此推荐一个免费的文字编辑器 (PSPad, <http://www.pspad.com/en/download.php>) 给大家。

(1) 请切换目录到 ns-allinone-2.29/ns-2.29/book/lab2 的目录下, 执行 PSPad 的安装文件 pspad432inst_en.exe, 如图 2.1 所示。

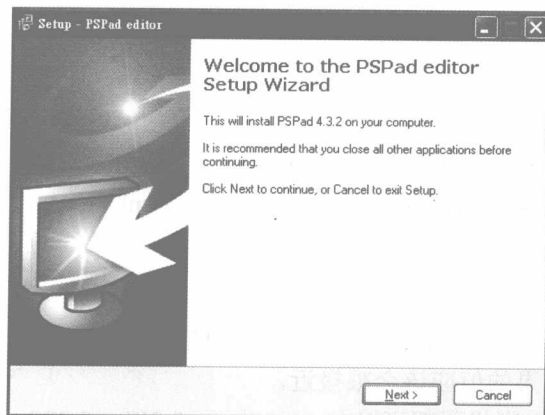


图 2.1 执行 PSPad 的安装文件