

# 网络模拟软件 Network Simulator 在网络课程教学中的应用\*

## The Application of Network Simulator in Computer Network Teaching

吴东<sup>1</sup>, 陈元琰<sup>1</sup>, 罗晓曙<sup>2</sup>, 卢利琼<sup>1</sup>, 刘壮礼<sup>1</sup>

Wu Dong<sup>1</sup>, Chen Yuanyan<sup>1</sup>, Luo Xiaoshu<sup>2</sup>, Lu Liqiong<sup>1</sup>, Liu Zhuangli<sup>1</sup>

(1. 广西师范大学数学与计算机科学学院, 广西桂林 541004; 2. 广西师范大学物理与信息工程学院, 广西桂林 541004)

(1. Coll. of Mathematics and Comp. Sci. Guangxi Normal Univ., Guilin, Guangxi, 541004, China; 2. Coll. of Physics and Info. Tech., Guangxi Normal Univ., Guilin, Guangxi, 541004, China)

**摘要:** 简要介绍网络模拟软件 NS(Network Simulator), 分析网络模拟软件 NS 在教学中应用的优点。认为 NS 应用于计算机网络课程进行辅助教学和辅助实验具有经济性、方便性、针对性和可重复性等优点。提出应用网络模拟软件 NS 进行课堂演示、实验比较、设计开发三种教学。这样可以让学生通过观看网络运作动画、分析网络性能结果和设计简单网络实体, 能让学生更容易、深入地理解网络协议和算法的复杂行为, 收到更好的教学效果。

**关键词:** 网络模拟软件 网络教学 课堂演示 实验比较 设计开发

中图分类号: TP391.7 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2005)04-0298-03

**Abstract:** The application of network simulator(NS) to the education of students in the schools is discussed. NS is economic, convenient, pertinence and repetitive in computer network teaching and experiment. By using NS in demonstration, experiment and design, the students can be easier to learn network protocols and algorithm and understand the performance of network, and design simple network objects.

**Key words:** network simulation software, network teaching, demonstration, experiment, design

在人们的现代生活中, 网络已经占据了非常重要的位置, 它影响着人们的工作、生活和交往方式。因此, 为推动网络技术进一步发展, 高校计算机专业把计算机网络作为学生的必修课之一。但是, 高校不能像大中专院校那样只注重学生在计算机网络编程技术、组建和维护局域网等实际操作能力方面的培养, 而是偏向在扎实的理论知识基础上再强化学生的应用技能。这种培养目标就导致高校计算机网络课程以教授理论知识为主, 培养实际操作能力为辅的教学模式。如何搞好高校计算机网络课程的理论知识教学成为众多教师关注的话题。

计算机网络涉及计算机与通信技术, 其理论知识以网络协议和算法为主, 如计算机本科教材《计算机网络》中的理论部分占全书内容的75%, 其中大篇幅地讨论了 OSI 参考模型的七层协议。协议是计算机通信的基础, 但它的工作过程人们无法用自己的感官来认识, 其原理抽象, 不易接受和理解, 特别是对初学者, 难度更大。目前, 在网络课程教学中, 一般的讲解演示型 CAI 课件使原来枯燥的内容变得生动、形象, 提高了学生的学习兴趣。但是, 这类 CAI 课件最主要的缺点是制作完成后只能按预定模式运行, 学生不能修改其中的网络拓扑、实体参数、所用协议等, 缺乏灵活性和交互性。另一类操作练习型 CAI 课件可以解决讲解演示型 CAI 课件的问题, 但是它的制作需要很长时间。使用现有的网络模拟软件 NS(Network Simulator) 能够很好地解决 CAI 课件存在的问题, 教师和学生使用网络模拟软件 NS

收稿日期: 2005-06-10

作者简介: 吴东(1981-), 男, 广西合浦人, 硕士, 主要从事计算机网络研究。

\* 国家自然科学基金资助项目(No. 10247005); 广西“新世纪百千万人才工程”专项资金项目(2002226)资助。

分别进行辅助教学和辅助实验,学生可以更加容易深入理解网络中的复杂行为,收到更好的教学效果。

## 1 网络模拟软件 NS 概述

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<sup>[1]</sup>。研究人员通过进行网络模拟,可以在较短的时间内获取大量有用的数据,对网络协议、算法、性能等进行研究和分析。目前被广泛用来进行网络模拟的软件是NS<sup>[2]</sup>,它由美国DARPA支持、伯克利大学研制开发,其目的是构造一个适用于不同网络研究领域的模拟平台,为网络学术界提供一套模拟工具,进行网络相关技术的研究。

NS是一个基于离散事件驱动的网络模拟器<sup>[1]</sup>。它采用分裂对象模型机制,用C++和Otel两种面向对象的语言编写丰富的构件库,其中包括大量的通用实体,例如链路、节点、分组等。这个构件库支持广域网、局域网、移动通信网等网络类型,支持多种协议,如传输层的TCP、UDP,应用层的FTP等,以及动态路由、静态路由、组播路由等路由算法,并且提供多种通信量的模拟,能分别根据指数分布、Pareto分布、追踪文件或确定速率产生不同的通信量。另外,NS提供跟踪和监测的对象,可以记录模拟过程中网络系统的状态和事件。

NS是免费的、开发源代码的,其软件包及技术文档可以从NS网站下载。它主要基于Unix平台,也可以在Windows2000/XP下安装。NS还提供可以选择组件Xgraph(绘图工具)和Nam(动画工具)用于直观地观察和分析模拟结果,其中Nam能够将模拟得到的数据展现出数据包级的动画。

## 2 网络模拟软件 NS 的教学应用

### 2.1 应用优点

使用网络模拟软件NS构建网络模拟环境,初学者不需考虑硬件和软件是否正确可用,只要根据实验要求选择所需的抽象硬件实体、协议及其参数,就能得到正确的网络实验环境。在该环境里,可以再现网络运行的任何细节,帮助学生更有效地学习网络协议,更深入理解网络中的复杂行为。在教学中使用NS进行网络模拟,有以下优点:(1)经济性。使用模拟软件,各高校可基于现有的计算机,花费极少的资金就能为学生提供网络课程学习的软件实验环境,能解决一些高校受资金限制无法构建大规模网络实验平台的问题。(2)方便性。基于NS丰富的构

件库,使用者可以在很短时间内模拟网络常见协议和算法的运作过程。模拟过程中使用NS提供的跟踪和监测的对象,可以记录网络系统的状态和事件。模拟结束后,使用NS提供的可选组件Xgraph可以将结果转换成易于比较的平面统计图,方便使用者对网络性能进行分析;使用Nam可以利用模拟得到的trace文件运行动画,观察数据包传输过程和链路队列管理,同步监测各节点的状态等。这为学生快速、生动地理解抽象的网络协议提供了可能。(3)针对性。模拟时,使用者通过灵活地设置网络模拟环境中每个实体的参数,可以只获取自己感兴趣的网络运行细节的相关数据。通过这种设置方式,使用者就可以有针对性地更改网络模拟环境,从不同的角度获取有用数据,全面理解网络运行过程。(4)可重复性。只要模拟的网络拓扑、网络实体的参数和使用的协议等不改变,模拟结果就不会发生改变。

### 2.2 应用方案

虽然NS具有以上优点,但NS软件主要是研究人员进行网络协议设计与开发的工具,有着复杂的分裂对象模型机制,要求学生在很短时间内完全理解其体系结构并独立书写代码进行实验有一定的难度,况且这也不符合让学生理解网络协议,而不是让学生掌握和使用NS这个模拟软件。因此,要使NS真正成为服务广大师生的教学工具,教师必须根据学生的实际情况合理的设计各种教学方案,让每个学生都学有所得。基于一般化的划分,我们可以有下面3种教学应用方案。

#### 2.2.1 课堂演示

教师在理论授课时,使用动画工具Nam对课前用NS进行网络模拟得到的结果重现网络运作过程,让学生在感观认识的基础上理解网络协议的行为。下面以可靠传输和非可靠传输为例做简要说明。

在教学传输层协议时,不可避免地会提到可靠传输TCP协议和非可靠传输UDP协议,它们之间的主要区别就是使用TCP协议传输数据时,接收方会对收到的数据包进行确认,而用UDP协议传输时不发送确认。通过观察Nam播放的网络模拟结果的动画,学生可以认识到两者的不同。

从图1可以看到图中有两行数据包,其中上面的数据包是节点0发给节点1的数据,下面小的数据包是节点1对已收到的数据包的确认。从图2中可以看到只有一行数据包,它是节点0发给节点1的数据,说明节点1并没有给节点0发确认。

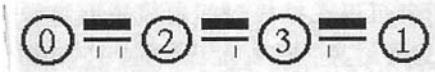


图1 采用TCP协议传输过程的动画截图

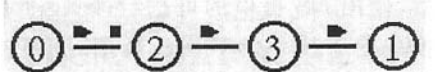


图2 采用UDP协议传输过程的动画截图

### 2.2.2 实验比较

学习网络协议、算法不能只依靠老师的讲解,还要求学生能对协议算法进行研究与分析。为了让学生能更好地学习网络协议和算法,教师可以使用不同的颜色在NS模拟源代码中标记关键的部分,让学生在课后根据老师的讲解及关键部分提示对模拟代码做简单修改,运行并观察修改前后网络运作过程和性能的变化,自主学习各种协议算法及它们之间的区别,加深对协议算法的掌握理解。下面以对路由算法的修改(将路由算法从静态路由改为动态路由)为例做简单说明。

图3显示,在6s的模拟过程中,从0.5s到5s时间段内节点0采用TCP协议向节点5发送数据包。为了分析静态路由和动态路由的区别及它对网络性能的影响,设置从1s到3s时间段内节点1和节点4之间的链路发生断路。从图4可以看到,开始时两条线完全重合,1s后两个发送窗口开始呈现不同的变化。静态路由设置的发送方到接收方的路径可以是最短的(0-1-4-5),但它是固定不变的,所以当节点1和节点4之间的链路断路后它不会重新选择路径,从而发送方由于没有收到确认将发送窗口减到一个数据包大小,并以每次发送一个数据包的速率重发未被确认的数据,待链路重新开通后才开始增加发送窗口。而动态路由在节点1和节点4之间的链路断路时,可以重新选择路径(0-1-2-3-5),所以没有影响发送方数据包的继续传送,发送窗口一直增加。因此第二次实验得到的吞吐量比第一次的要大。学生观察1s后两条线的不同变化,可以理解静态路由和动态路由的区别及它对网络性能的影响。

学生通过自己做实验并对比分析网络性能的变化,将加深对经典算法的理解,增强对知识的消化、吸收能力。

### 2.2.3 设计开发

鉴于NS的分裂对象模型机制,学生利用该软件的设计开发可分为网络模拟配置设计和网络构件抽象对象的设计。前者只要求在了解NS构件库中构件的使用方法和配置接口的基础上,根据模拟要

求使用Otel进行模拟配置,完成不同的网络模拟实验。后者是要修改NS已有构件的功能或者设计新的构件集成到NS中,实现NS的二次开发。显然,网络构件抽象对象的设计难度更大,计算机网络课程教学不要求学生能达到这一步,但对于学有余力的学生在完成规定的实验内容,并掌握网络模拟配置设计方法后,教师可精心设计主题让他们完成,使其得到更多的锻炼。

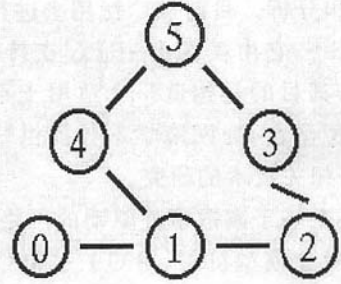


图3 路由实验网络拓扑

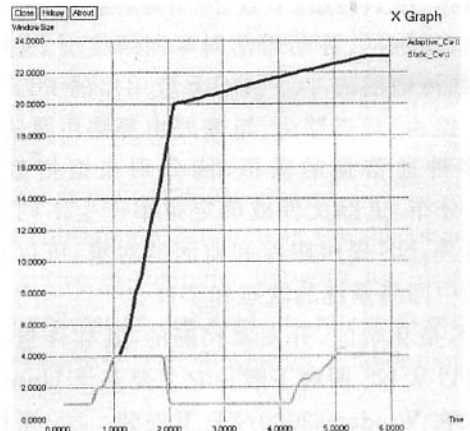


图4 两次实验发送方发送窗口的变化  
——:动态路由;.....:静态路由。

## 3 结束语

在网络教学中应用网络模拟软件NS教学,不仅可以让学生更容易、更深入的学习网络课程,还可以提高学生学习的兴趣,培养学生自主学习和研究能力。但是,NS尽管提供了丰富的构件库易于组合成所需的网络环境,可这种网络环境的生成需要花费时间用Otel语言编写代码完成。我们下一步准备建造一个用来展现许多不同协议、算法运作过程的动画库,让教师可直接用来课堂演示或学生可直接观看动画了解网络运作过程,还有一个可以用来模拟许多不同协议、算法的代码库,让教师、学生在此基础上根据需要进行调用或修改。这样,NS能更好

(下转第308页)

软件平台的选择主要包括数据仓库引擎、OLAP引擎和前端分析展现工具的选择。产品进行测试是软件选型的一种有效方法,各个企业可以根据自身的数据状况对各类产品进行测试。

### 3.3 分析

分析阶段主要包括深入了解数据源和分析数据仓库系统所包含的主题域及其相互之间的关系。分析阶段必须坚持用户参与,并且与原有系统开发或维护人员进行深入的沟通。

### 3.4 设计

数据仓库设计的主要任务包括与操作型系统接口的设计和数据仓库本身的设计两个部分的内容。其中与操作型系统接口的设计主要是指数据抽取、清理、转换和刷新策略的设计。从多个不同的数据源中抽取数据,需要解决数据的不一致性,以保证数据的质量。数据的不一致性主要包含模式冲突和语义冲突。从操作型数据库模型到数据仓库模型的转变需要大量细致的工作,例如:

消除纯粹是操作型的数据;将包含在多个表中的有关数据进行合理合并;适当增加部分导出数据;在码值中增加时间关键字;按照合适的数据粒度进行综合。

数据仓库本身的设计包括数据仓库逻辑数据模型的设计、数据仓库物理数据模型的设计。由于目前数据仓库产品尚未形成一套统一的标准,因此在数据仓库设计阶段必须有数据仓库专家和数据仓库系统产品提供商的共同参与。

### 3.5 开发

开发阶段所要完成的主要内容包括数据仓库建模、数据抽取和加载模块、数据访问模块以及开发实际应用模块。这阶段应该有行业专家和数据仓库专家的参与。

### 3.6 测试

测试是保证系统可靠性的重要手段。数据仓库测试与一般软件系统测试不同的是数据仓库的测试

不仅包括对软件系统的测试,同时包括对数据的测试。在测试阶段必须保证测试的充分性,同时注意测试数据的覆盖范围。

### 3.7 运行

系统运行主要包括用户培训、数据加载、数据访问及应用等。在数据仓库系统的运行过程中,不断收集用户新的需求,不断进行完善。

数据仓库系统的建设是一个不断完善、健全的过程。这个过程是随着业务量、业务范围和客户的不断发展而发展的,同时随着业务的发展,数据仓库的价值也将随之得到增长。

## 4 结束语

总的来讲,数据仓库是一种面向数据应用的数据管理技术,它提供了集成化的、历史化的数据管理功能,支持综合性的数据分析,特别是战略分析。随着各种计算机技术,如数据模型、数据库技术和应用开发技术的不断进步,数据仓库技术也不断发展,并在金融业、制造业、商贸业和社会服务等方面都有着广泛的应用前景,并在实际应用中发挥了巨大的作用。数据仓库所产生的巨大效益同时又刺激了对数据仓库技术的需求,数据仓库市场正以迅猛势头向前发展。

#### 参考文献:

- [1] Sperley. 企业数据仓库规划建立与实现[M]. 北京:人民邮电出版社,2000.
- [2] 武 森,高学东,巴斯蒂安. 数据仓库与数据挖掘[M]. 北京:冶金工业出版社,2003.
- [3] Inmon W H. 构建数据仓库[M]. 王志海,林有芳译. 北京:机械工业出版社,2003.
- [4] 王 珊. 数据仓库技术与联机分析处理[M]. 北京:科学出版社,1998.

(责任编辑:邓大玉 韦廷宗)

(上接第300页)

的为计算机网络教学服务,使教师和学生减少学习使用NS的时间,把精力集中在课程内容教学和学习上。

#### 参考文献:

- [1] 徐雷鸣,庞 博,赵 耀. NS与网络模拟[M]. 北京:人

民邮电出版社,2003.

- [2] Kevin Fall,kannan varadhan. The NS Manual [EB/OL]. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html>,2004.

(责任编辑:邓大玉)