

NCTUns:一种新的网络模拟技术

王 雷

(湖南大学 计算机通信学院, 湖南 长沙 410083)

摘 要: NCTUns 是由台湾交通大学研制的一种网络模拟与仿真软件。与 NS2 等常用的网络模拟软件相比较, NCTUns 具有实验结果更逼真可信, 能直接使用现有的一些网络软件从而减少设计实验环境的工作量等优点。分析了 NCTUns 网络模拟器的工作原理与仿真机制, 介绍了模拟器的主要组成部分, 然后详细阐述了 NCTUns 在设计和实现时采用的一些新的网络模拟技术和手段, 最后在 NCTUns 中实验用户自己的模拟对象。

关键词: NCTUns; 模拟; 仿真

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)07-0080-03

NCTUns: a New Network Simulation Technology

WANG Lei

(Academy of Computer Communication, Hunan University, Changsha 410083, China)

Abstract: NCTUns is a network simulator and emulator which is developed by National Chiao Tung University (NCTU), Taiwan. NCTUns can generate more accurate simulation results and be easily constructed with minimal time and effort than a traditional TCP/IP network simulator such as NS2. Analysed the design and implementation of the NCTUns network simulator, described the details of main components. Then it explained the methodology and technique of constructing and implementing NCTUns. Finally it explained how to develop their own imitated objects under NCTUns environment.

Key words: NCTUns; simulation; emulation

0 引 言

随着 Internet 的迅猛发展, 需要通过网络传送的信息越来越多, 为了满足这种不断增长的要求, 许多公司和科研单位的研究人员正在不停地采用新思想、新设备来设计、实现和使用大规模的高速网络。随着网络规模和复杂性的迅速增加, 网络设计师面临着挑战: 传统网络设计技术不再适用于现代通信网络设计, 网络设计师们没有预料到的问题会导致整个网络的性能达不到要求甚至引起网络瘫痪。因此, 为了高效、可靠地设计现代通信网络, 必须有更好的、更实用的设计手段和性能分析技术。

网络性能分析的重要性在于它通过有效的性能模型, 使网络设计师对所设计的网络可操作性有更深入的理解, 尽早发现问题并纠正, 避免投入使用后再去修改。网络性能分析一般有两种方法: 理论分析法和计算机模拟和仿真法。人们在实际使用中发现, 分析技

术只能在一些理想的和比较简单的情况下才能起到较好的作用, 若用来评估复杂的通信网络是极端困难的。因此, 在许多情况下, 模拟和仿真成了唯一可行的方法^[1,2]。

NCTUns 是由台湾交通大学研制的一种高保真和可扩展的网络模拟仿真软件。NCTUns 在 IEEE 的 MobiCom'02 和 MobiCom'03 大会上被接受作为研究展示并推荐。在 2003 年七月 IEEE 的 Network Magazine 上, NCTUns 作为网络软件工具被报导。在 2007 年十月荷兰举行的 MASCOTS'04 上, NCTUns 被再次推荐。NCTUns 能够模拟有线和无线 IP 网络中的多种协议。与 OPNET 和 NS2 比较, 它能直接使用真正的 TCP/IP 协议栈, 确保高保真的模拟结果; 它能直接使用 Unix 应用程序作为通信量发生器, 能直接使用任何真实的 Unix 网络测试和监控工具, 可以大大节约用户的实验时间和工作量。

1 NCTUns 的体系结构

NCTUns 采用分布式和开放的系统结构 (如图 1 所示) 来支持模拟以及便于其它协议模块与自身的协

收稿日期: 2007-10-18

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目 (05JJ40118)

作者简介: 王 雷 (1973-), 男, 硕士, 湖南商学院信息学院 副教授, 研究方向为计算机网络、电子商务等。

作。从功能上看, NCTUns 是由 8 个相互独立的部分组成^[3]:

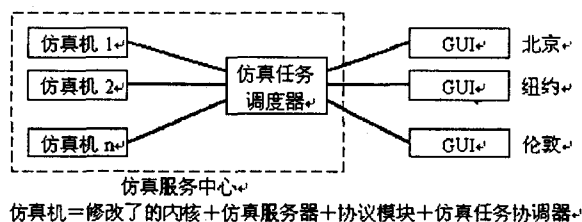


图 1 NCTUns 的分布式结构

(1) 图形用户界面(GUI environment): 它包含拓扑编辑器、运行监控器、包活动演示器和节点编辑器。利用图形用户界面可以完成网络拓扑的构建, 网络运行状态的实时监控, 数据包传输的图形演示和每一个网络节点协议模块的配置功能。

(2) 模拟引擎(simulation engine): 它虽然是一个用户级程序, 但提供的功能就像一个小型的操作系统。它提供给协议模块的基本服务主要有虚拟时钟维护、定时管理、事件调度等。模拟引擎需要与不同的协议模块一起编译以形成“模拟服务器”(一个用户级程序)。在实际工作中, 模拟服务器以一系列的模拟工作描述文件作为输入, 模拟运行以后, 产生数据和包传输文件作为输出。

(3) 协议模块(protocol modules): 一个协议模块就像协议栈的一层, 它执行具体的一种协议或功能。协议模块与模拟引擎共同编译以后形成模拟服务器, 在模拟服务器内, 多种协议模块串联形成一个协议栈。

(4) 模拟任务调度器(simulation job dispatcher): 它必须在模拟时一直运行以支持在多台机器上的并发模拟。模拟任务调度器可以运行在多个 GUI 用户和模拟服务器之间, 负责将用户提交的模拟工作按照设置的调度策略调度给一台空闲的服务器运行。

(5) 模拟任务协调器(coordinator): 它必须一直驻留在每一台运行模拟服务器的计算机上, 以便调度器知道这台计算机的状态是否空闲。协调器接收了任务后, 将创建一个模拟服务器运行相应的网络和协议。协调器还可以根据需要启动或终止某些真实的应用程序。

(6) 修改了的内核(modified kernel): 为了系统的正常运行, 对操作系统内核必须做出一定的修改。

(7) 协议守护程序(protocol daemons): 运行在用户级, 完成一些具体的工作。如 RIP daemon 能够在 NCTUns 中为模拟网络中的路由器创建路由表。

(8) 真实的应用程序(real-life application programs): NCTUns 允许任意的真实的应用程序运行在模拟网络中, 产生网络传输数据、配置网络或监控网络

传输。

2 模拟方法与技术

为了在模拟网络中支持多子网、不同层的网络设备, 以及模拟不同的网络协议和网络(广播式与点到点式), 让用户使用熟悉的真实 IP 地址和端口号分配方案, NCTUns 采用了以下一些模拟方法和技术^[3]

2.1 隧道网络接口

这是 NCTUns 网络模拟器所采用的关键方法。隧道网络接口(Tunnel Network Interface, TNI)存在于绝大多数的 Unix 系统上, 是一个伪网络接口, 但是从 Kernel 的角度看, 它与实际的网络接口没有任何区别。因为每一个 TNI 在 OS 的 /dev 目录都存在一个对应的设备文件, 如果一个应用程序打开一个隧道网络接口的设备文件, 并写入一个数据包, 这个包将被送给操作系统内核。也就是说内核收发网络数据包就是对 TNI 设备文件的读写操作。

2.2 单跳 TCP/IP 网络模拟

利用 TNI 的这一特性, 要模拟单跳的 TCP/IP 网络(如图 2 所示^[4]), 只需完成以下两项简单工作:

(1) 修改内核中的路由表, 使得 TNI1/TNI2 成为数据包的发送端/接收端;

(2) 实现一个应用程序(称为 Virtual Link)在 TNI1 与 TNI2 对应的设备文件之间负责数据包的读写与传输延迟的实现。

因为在用模拟的信道代替真实的物理信道是发生在内核之外, 所以内核并不清楚数据包是否来源于模拟的信道。而数据包的发送和接收程序也不清楚。因此, 已有一些的网络应用工具和 TCP/IP 等网络协议可以在 NCTUns 模拟实验中一起运行。

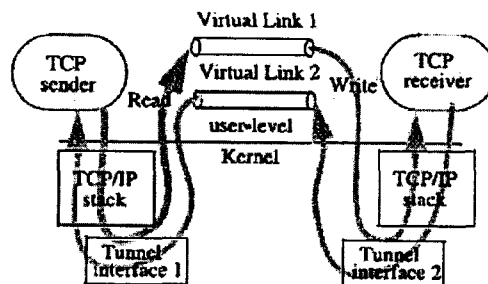


图 2 单跳 TCP/IP 网络模拟

2.3 多跳 TCP/IP 网络模拟

多跳网络的模拟必须实现物理层设备(Hub)、数据链路层设备(Switch)和网络层设备(Router)等的模拟, 第 1、2 层设备的模拟容易实现, 关键在于路由器的模拟。路由器为数据包传输提供路由服务是通过路由表的查询来实现的, 每一个路由器都有一张路由表。

而网络模拟中,多台路由器和主机在一台机器上进行模拟。如果将多张路由表合并成一张来为数据包提供路由服务,那么路由表中的路由信息将相互冲突。所以,NS 等网络模拟器是使用一个用户级程序模拟全部网络(链路和节点),而不是从网络的单个节点出发进行模拟,因而避免了直接模拟路由器,但是其模拟效果相对较差。NCTUns 采用了一种 IP 地址重映射和路由表设置方案,解决了这一问题。

首先,NCTUns 为模拟网络中的每个 Node 分配 IP 地址。为了不影响实际网络的运行,所分配的 IP 地址均属于 192.168.0.0 网络。具体的分配方法是将 IP 地址与每一 Node 的 TNI 绑定在一起,从 Node_i 到 Node_j 的 Virtual Link_k 连接的两个 TNI,Node_i 的 TNI 分配的 IP 是 192.168.k.i,Node_j 的 TNI 分配的 IP 则是 192.168.k.254。如图 3 所示^[4],Host1 中与 Virtual Link1 连接的 TNI 分配的 IP 是 192.168.1.1,与 Virtual Link2 连接的 TNI 分配的 IP 就是 192.168.2.254。

其次,NCTUns 为模拟网络中的每一 Node 建立相对于其余 Node 的 IP 地址映射。建立 IP 地址映射的方案是:假设 Node_i 建立地址映射,Node_i 至少有一条发送数据的链路 Virtual Link_k,则 Node_i 已分配了 IP 地址 192.168.k.i,如此,Node_i 相对于 Node_j 的 IP 地址映射是 192.168.k.j。如图 3 所示,Host1 的 IP 是 192.168.1.1,其相对于 Router(Node3)映射的 IP 是 192.168.1.3,相对于 Host2(Node2)映射的 IP 是 192.168.1.2。

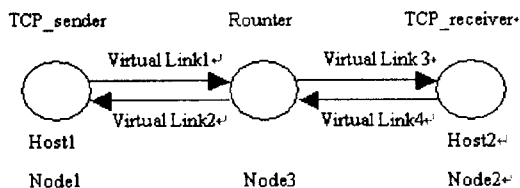


图 3 IP 地址映射

3 用 NCTUns 进行局域网模拟

3.1 NCTUns 工作过程

NCTUns 支持的操作系统是 Fedora,在安装时,需要对操作系统内核进行一定的修改。如增加 TNI 的数量,设置进行模拟实验时所用的时钟,建立网络端口号的映射等等。

使用 NCTUns 进行网络实验时,必须先运行模拟任务调度器(dispatcher),然后再运行模拟任务协调器

(coordinator),最后运行客户端程序(nctunsclient)。

3.2 建立网络拓扑结构

NCTUns 提供了图形化的用户界面给用户编辑网络拓扑结构,配置网络中的每一个节点的协议模块及相关参数,设定移动节点的运动路线等等。

如图 4 中建立一个包含 3 台交换机,15 台主机的交互式局域网,然后双击拓扑图中的网络节点或通信链路,就可以设置其对应的协议模块以及相应的参数。

例如在 Node11 中设置命令“stcp -p 8000 1.0.1.3”,起始时间是 0.5s,结束时间是 80s,命令参数 8000 表示端口号,1.0.1.3 代表接收端 IP 地址;在 Node16 中设置命令“stcp -p 8000 1.0.1.14”,起始时间是 1s,结束时间是 80s;在 Node18 中设置命令“stcp -p 8000 1.0.1.2”,起始时间是 1.5s,结束时间是 80s;在 Node5、6、10 中均设置指令“rtcp -p 8000”,起始时间是 0s,结束时间是 80s。

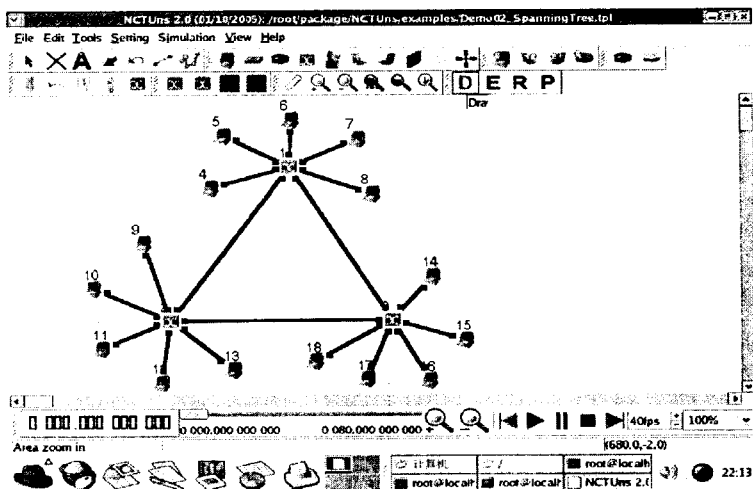


图 4 拓补编辑器

3.3 观测实验过程与结果

网络拓扑结构建立好以后,点击快捷菜单中的“R”,系统将会自动生成出模拟实验所需的一些相关配置文件,然后再选择“Simulation” -> “Run”,NCTUns 将开始进行网络模拟。最后,在网络模拟完成以后,可以通过回放功能观测实验过程,也可以通过系统提供的图表工具,将实验中的数据以图表形式直观地显示出来。

4 结束语

在目前的网络设计与研究中,模拟与仿真实验是一种廉价且实用的设计手段和技术。但目前常用的 NS2 等软件在进行模拟实验时,需要用户投入大量的时间和精力进行程序设计工作,并且实验的结果与真

(下转第 86 页)

按以下三个方向去发展:

第一,可以通过对现有模型进行改进、扩充、综合去发展。

结合新问题的内容,针对现有模型存在的适用面窄、考虑问题欠周到等情况,可以通过改进和扩充某个软件开发过程模型的内容而得到一个新模型,或者通过综合运用几种软件开发过程模型的内容而得到一个新模型。如文献[8]介绍的一种新的软件开发过程模型,是在瀑布模型基础上进行改进和扩充的结果。再如增量模型,是综合运用瀑布模型和快速原型化模型的结果。再如文献[9]介绍的一种新的软件开发过程模型,是综合运用瀑布模型和构件组装模型的结果。再如文献[10]介绍的一种新的软件开发过程模型,是综合运用构件组装模型和并行过程模型的结果。

第二,软件开发过程模型可以遵循新的思维方式去发展。

现有的软件开发过程模型,每一个都体现出各自不同的思维方式,例如瀑布模型是所有采用线性思维方式模型的典型代表,快速原型化模型是所有采用反复循环迭代思维方式模型的典型代表。遵循新的思维方式去发展,就是说,新建立的软件开发过程模型应该是新的思维方式的体现,即按照新的想法去组织软件开发活动。例如 XP 模型(极限编程)就是按照新的思维方式去发展起来的。从 Agent 具有自主性、反应性、社会性等角度看,各种面向 Agent 的软件开发过程模型都是按照新的思维方式发展起来的。

第三,软件开发过程模型可以借助新技术和新工具去发展。

任何软件开发过程模型都是建立在一定的技术和工具基础之上,技术和工具的进步对软件开发过程模型的影响是巨大的,当新技术和新工具出现后,传统的开发方式势必要被改变,所以说新技术和新工具会推动软件开发过程模型更新发展。如构件组装模型、基于体系结构的软件开发过程模型^[11],就是在面向对象技术基础上发展起来的。再如 RUP^[12]模型,就是在 UML 这个开发工具基础上发展起来的。

4 结束语

软件开发过程模型的出现不是偶然的,它是软件开发活动到达一定程度后的必然结果。软件开发活动的多样性,决定了软件开发过程模型在形式上的多样性。每一个软件开发过程模型都有不同于其它模型的特点,这个特点体现了需要被解决的某一类问题所具有的特殊性。人的思维在发展,开发技术和工具在发展,推动着软件开发过程模型更新发展。在目前的基础上,研究软件开发过程模型的发展问题,对于提高软件开发的质量和效率具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 陈松乔,任胜兵,王国军.现代软件工程[M].北京:清华大学出版社,2004:12-19.
- [2] 史济民.软件工程—原理、方法与应用[M].北京:高等教育出版社,2002:15-27.
- [3] 谷 烽,姜云飞,毛明志.软件过程模型回顾与分析[J].现代计算机,2005(5):28-30.
- [4] 张友生,李 雄.软件开发模型研究综述[J].计算机工程与应用,2006(3):109-115.
- [5] Wooldridge M J. The Gaia Methodology for Agent - Oriented Analysis and Design[J]. Autonomous Agents and Multi - Agent Systems,2000,3(3):285-312.
- [6] 赵欣培.一种基于 Agent 的自适应软件过程模型[J].软件学报,2004,15(3):348-358.
- [7] 徐 琛,杨宗源.轻载软件开发方法[J].计算机工程,2003,29(1):268-271.
- [8] 肖 汉,冯 娜,宋茂强.面向对象的软件重用瀑布模型[J].西华大学学报:自然科学版,2006,25(2):1-3.
- [9] 赵 鹏.一个三段式并行管道化软件过程模型[J].黑龙江大学自然科学学报,2006,23(2):245-249.
- [10] 王 珉,吴广茂,韩联庆.基于组件开发的并行过程模型研究[J].航空计算技术,2006,36(1):39-43.
- [11] 张友生.基于体系结构的软件开发模型[J].计算机工程与应用,2004(34):29-33.
- [12] Kruchten P. RUP 导论[M].麻志毅,译.北京:机械工业出版社,2004.

(上接第 82 页)

实的网络运行情况可能存在较大的偏差。而 NCTUns 简单易用,实验结果可信度更高,能方便地进行仿真实验。

参考文献:

- [1] 姜宁康,李毓麟.NS 网络仿真技术及其应用分析[J].小型微型计算机系统,2001,22(4):415-417.

- [2] 李向丽,李 磊,陈 静.网络实验仿真与网络技术实践[J].计算机技术与发展,2006,16(3):74-76.
- [3] Wang S Y, Chou C L, Huang C H, et al. The Design and Implementation of the NCTUns 1.0 Network Simulator[J]. Computer Networks,2003,42(2):175-197.
- [4] Wang S Y, Kung H T. A Simple Methodology for Constructing Extensible and High - Fidelity TCP/IP Network Simulators[C]//IEEE INFOCOM'99. New York, USA: [s. n.], 1999.