

文章编号: 1005-8451 (2009) 02-0022-04

基于 NS-2 的有线网络仿真

白 云, 孟克其劳, 韩建峰, 任治刚, 辛 莉

(内蒙古工业大学 信息工程学院, 呼和浩特 010051)

摘要: 目前, 比较流行的通用仿真工具主要有 NS-2 和 OPNET 等。介绍了一款可用于有线网络仿真的免费软件 NS-2, 分析了该软件的构成和软件特性, 重点讨论如何使用 NS-2 软件进行网络仿真, 并给出了具体实例。

关键词: NS-2; 网络仿真; 有线网络

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A

Mobile Network Simulation Based on NS-2

BAI Yun, MENG Ke-qi-lao, HAN Jian-feng, REN Zhi-gang, XIN Li

(Institute of Information Engineering, Inner Mongolia University of Technology, Huhhot 010051, China)

Abstract: At present, the more popular major general simulation tools such as OPNET and NS2. This paper introduces a wired network can be used for simulation of the free software NS-2 and analysis of the composition of the software and software characteristics, Focus on discussing how to use NS-2 network simulation software, and giving specific examples.

Key words: NS-2; Network Simulation; Wired network

近几年来, 随着铁路信息技术的飞速发展, 铁路信息网将成为铁路运输安全的重要支柱。各种各样信息终端的出现, 使铁路信息网络结构越来越复杂, 同时还要确保铁路运输安全, 使得网络系统的分析和设计面临新的挑战。NS-2 作为一种通用的网络仿真工具, 很好地满足了这种需求, 使得铁路信息网可以向更广阔领域发展。

1 网络仿真简介

目前, 比较流行的通用仿真工具主要有 NS-2 和 OPNET 等。NS-2 是通用网络仿真平台, 其可扩展特性和开源特性赋予了其强大的生命力, 世界各地的科研人员都可以向 NS-2 贡献源代码, 使得其可以支持现有的除蜂窝网络外的几乎所有的网络场景和网络协议。NS-2 在科研特别是无线网络的仿真领域得到了非常广泛的应用, 通过 NS-2 得到的仿真结果也得到学术界的普遍认可。

1.1 NS-2 的软件构成

NS-2 包含 Tcl/Tk, OTcl, NS, Tclcl。其中 Tcl 是一个开放脚本语言, 用来对 NS-2 进行编程; Tk 是 Tcl 的图形界面开发工具, 可帮助用户在图形环

收稿日期: 2008-01-12

作者简介: 白 云, 讲师, 孟克其劳, 副教授。

境下开发图形界面; OTcl 是基于 Tcl/Tk 的面向对象扩展, 有自己的类层次结构; NS-2 为本软件包的核心, 是面向对象的仿真器, 用 C++ 编写, 以 OTcl 解释器作为前端; Tclcl 则提供 NS-2 和 OTcl 的接口, 使对象和变量出现在两种语言中。为了直观的观察和分析仿真结果, NS-2 提供了可选的 Xgraphy、可选件 Nam。

1.2 NS-2 特性

1.2.1 离散事件模拟

NS-2 是一个基于离散事件的网络仿真工具。在 NS-2 中, 事件(Event)是模拟器处理的基本单位, 它由事件调度器 (Scheduler) 来进行组织和管理。一个事件可以是一个路由请求、一次数据包的传送请求, 还可以是数据包丢失或链路失效等。当事件发生时, 调度器负责事件的组织和调度。它首先将事件放置到队列中, 然后根据一定的规则对发生的事件进行处理。在网络的仿真过程中, 一般的情况是一个事件发生会引起一系列的连锁反应, 很多相关的事件接连发生, 这种过程一直持续直到完成一次网络模拟。

1.2.2 分裂对象模型

NS-2 的设计采用了分裂的对象模型。所谓分裂对象模型就是将 NS-2 中的对象用两种不同的编程语言来实现, NS-2 采用了 C++ 和 Otcl 两种语

言。C++语言是一种编译执行的语言，主要功能是实现对数据包的处理，在执行之前程序已经经过编译器编译成可执行的二进制代码，因此具有非常高的时间效率和空间效率。与C++相比，Otel是一种解释执行的语言，主要功能是对模拟环境的配置、建立。从用户角度看，NS-2是一个具有仿真事件驱动、网络构件对象库和网络配置模块库的OTel脚本解释器。这种程序设计语言的特点是逐句解释执行，它在执行之前不需要进行编译处理；这种特性非常适合用来进行网络参数的配置。NS-2正是很好地利用了这两种语言的优点；网络仿真模块中对效率要求比较高的网络协议部分都是用C++语言来实现的，而对参数和场景的配置是用Otel语言来实现的。

1.2.3 基于数据包层次的仿真

NS-2是一种数据包层次的网络仿真工具，它采用一种具有一定格式的追踪文件(trace文件)记录仿真过程中每个数据包在每个链路和节点的处理动作。可以根据这个处理过程来定位链路和节点的状态和分析系统的性能。

此外，NS-2是一种跨平台的网络仿真工具，它可以在多种平台例如 Unix, Linux, Windows 和 Mac 等平台上运行；它可以支持很多种不同的协议，简化了对多种协议进行比较的程序，辅助仿真工具 Nam 可以使 NS-2 的仿真更加生动和形象化。

2 有线网络模拟仿真实例

2.1 有线网络的拓扑配置

在有线网络拓扑中创建 NS 虚拟对象：set ns [new Simulator]

创建4个有线节点，分别为n0、n1、n2和n3具体位置如图1，在这里并没有给这4个有线节点设定固定的坐标。

下面创建节点间的连接，在NS中链接的创建语句如下：

\$ns duplex-link \$n(i) \$n(j) 2Mb 10ms DropTail

语句的意思是在n(i)和n(j)间建立起一条带宽为2Mb、TTL为10ms、队列类型为DropTail的双向链接。所以按照图1要求建立各有线节点间的链接语句如下：

\$ns duplex-link \$n0 \$n2 2Mb 10ms DropTail

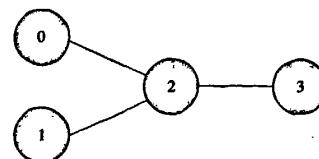


图1 拓扑示意图

```
$ns duplex-link $n1 $n2 2Mb 10ms DropTail
$ns duplex-link $n2 $n3 1.7Mb 20ms DropTail
接下来我们设置这4个节点的相对位置，这是
要给 Nam 用的：$ns duplex-link-op $n0 $n2 ori-
ent right-down; #n2在n0的右下角
$ns duplex-link-op $n1 $n2 orient right-up
$ns duplex-link-op $n2 $n3 orient right
```

2.2 创建协议代理以及产生数据流

本次仿真中主要观察有线网络中4个节点之间的通信过程：

```
set tcp [new Agent/TCP]      # 创建 TCP 流
$ns attach-agent $n0 $tcp    # 将 TCP 流绑定
到节点 n0
set sink [new Agent/TCPSink] # 创建 TCPSink
代理
$ns attach-agent $n3 $sink  # 将 TCPSink 代
理绑定到节点 n3
$ns connect $tcp $sink      # 连接 TCP 流与
TCPSink 代理
$tcp set fid_ 1
.......
```

2.3 网络模拟的基本设置

```
$ns color 1 Blue # 定义数据流不同数据流的
颜色
$ns color 2 Red
set nf [open out.nam w] # 打开 OUT.NAM 文
件记录详细过程
$ns namtrace-all $nf
set nd [open out.tr w] # 打开 OUT.TR 文件
记录封包传送过程
$ns trace-all $nd
# 定义各个节点的颜色为红色，形状圆形，3
点的标注是 wired_node
$n0 color red
# 设定 FTP 和 CBR 数据传送开始和结束时间
$ns at 0.1 "$cbr start" # 在 0.1 s 时 CBR 数据
```

源开始传输

```
$ns at 1.0 "$ftp start" #在 1.0 s 时 FTP 数据源开始传输
```

```
$ns at 4.0 "$ftp stop" #在 4.0 s 时 FTP 数据源停止传输
```

```
$ns at 4.5 "$cbr stop" #在 4.5 s 时 CBR 数据源停止传输
```

```
$ns at 5.0 "finish" #在 5.0 s 时仿真结束
```

```
$ns run #开始运行仿真
```

2.4 网络模拟仿真体系的运行

至此的配置已经完成，不过在 Otcl 脚本中还要加些代码。在 NS 终端中输入命令：ns wire.tcl (该脚本存为指定目录文件夹下的 wire.tcl) 输入命令后仿真开始，有线网络模拟仿真结束，接着会进行有线网络模拟仿真的结果分析。

3 仿真分析

3.1 Nam 图像运行分析

有线网络模拟仿真分析：通过语句调用在模拟过程中生成的 out.nam 文件，便可以打开 Nam 动画演示窗口，以下是运行过程中的某个时刻的情况：

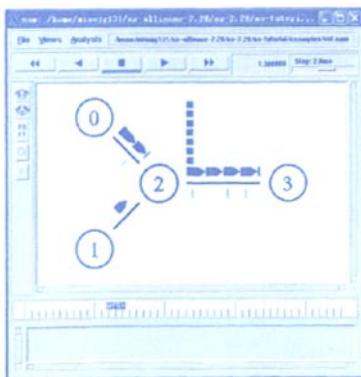


图 2 wire.tcl 的 nam 动画演示

这个网络的环境包含了 4 个网络节点 (n0, n1, n2, n3)。网络节点 n0 到节点 n2 之间，和节点 n1 到节点 n2 之间的网络频宽 (bandwidth) 是 2 Mbps，延迟时间 (propagation delay) 是 10ms。网络拓扑中的频宽瓶颈是在节点 n2 到节点 n3 之间，频宽为 1.7 Mbps，延迟的时间为 20 ms。每个网

络节都是采用 Drop Tail queue 的方式，且在节点 n2 到节点 n3 之间的最大队列长度是 10 个封包的长度。CBR 的传送速度为 1Mbps，每一个封包大小为 1 Kbytes。CBR 是在 0.1 s 开始传送，在 4.5 s 结束传输；FTP 是在 1.0 s 开始传送，4.0 s 结束传输。

模拟结束后，会产生两个档案，一个是 out.nam，这是给 Nam 用的，用来把模拟的过程用可视化的方式呈现出来，这可以让使用者用“看”的方式去了解封包传送是如何从来源端送到接收端。另一个档案是 out.tr，这个档案记录了仿真过程中封包传送中所有的事件，例如第一笔记录是一个 CBR 的封包，长度为 1 000 bytes，在时间 0.1 s 的时候，从 n1 传送到 n2。下面是 out.tr 文件中的部分记录：

```
700 r 1.034706 2 3 cbr 1000 ----- 2 1.0 3.1
112 112
701 r 1.034894 2 3 tcp 40 ----- 1 0.0 3.0 0
113
702 + 1.034894 3 2 ack 40 ----- 1 3.0 0.0 0
118
703 - 1.034894 3 2 ack 40 ----- 1 3.0 0.0 0
118
704 + 1.03612 cbr 1000 ----- 2 1.0 3.1 117
119
```

其中第 700 行表示有一个封包 packet id 为 112，资料流 id 为 2，序号为 112，长度为 1000 bytes，型态为 CBR，它是从来源端 1.0 到目的地 3.1，在时间 1.0348 s 的时候，从节点 2 进入了节点 3 的队列中。从 wire.tr 中还能发现，从大约 1 s 到 4 s 时间内，TCP 数据流和 CBR 数据流同时进行工作，数据传输不太稳定，而在其他时间内只有 CBR 数据流稳定传输，下面我们将通过分析 CBR 数据传输的延迟、抖动等性能指标说明传输过程的稳态性能，并以图示直观演示说明。

3.2 xgraph 图像运行分析

在 cygwin 环境下，在 Shell 的提示符号后输入 startxwin.bat，接着会出现一个新的窗口，在此窗口输入 xgraph cbr_delay，就可以把前面所存下来的档案画出来。Xgraph 的运作是把第一排当作 x 轴的数据，第二排当作是 y 轴的数据，然后把图给画出来。

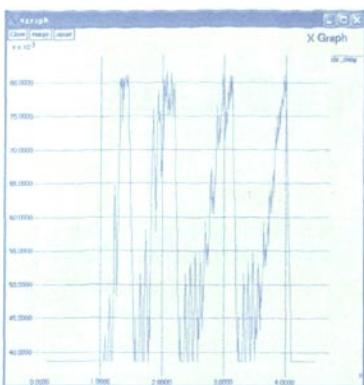


图3 CBR封包端到端传输延迟时间图形

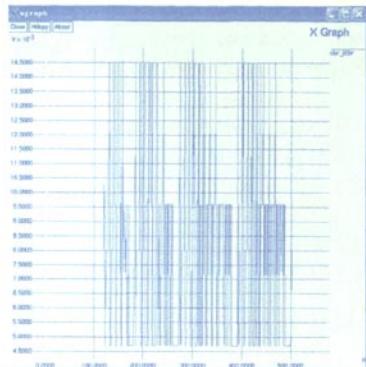


图4 CBR封包端到端传输抖动图

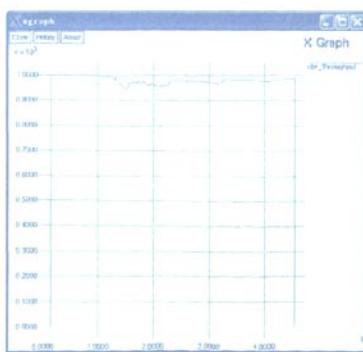


图5 CBR封包端到端传输传输损耗图形

同理进行了CBR数据传输过程中的抖动和传输损耗的分析,如图4,图5。抖动就是延迟时间变化量,由于网络的状态随时都在变化,有时候流量大,有时候流量小,当流量大的时候,许多封包

就必需在节点的队列中等待被传送,因此每个封包从传送端到目的地端的时间不一定会相同,而这个不同的差异就是所谓的抖动。抖动越大,则表示网络越不稳定。

3.3 gnuplot图像运行分析

在cygwin环境中运行命令\$ startxwin.bat,在弹出x窗口中输入gnuplot命令,并接着执行plot “cbr_delay” with linespoints命令,就画出了CBR封包端到端传输延迟时间图形,如图6。

其原理同上面所述。

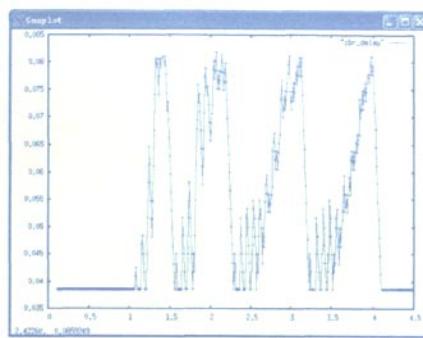


图6 CBR封包端到端传输延迟时间图形

4 结束语

随着铁路信息网络通信技术的快速发展,作为一种优秀的网络仿真免费软件,NS-2将得到越来越多研究人员的关注。本文对NS-2仿真器的原理、构成、使用等做了介绍,并结合实例详细讨论了利用NS-2作有线网络仿真的方法及过程。

参考文献:

- [1] 徐雷鸣,虎博,赵耀. NS与网络仿真[M].北京:人民邮电出版社,2003.
- [2] 王兆强,葛万成,成坤宝.用NS-2进行无线网络仿真[J].现代电子技术,2004,22.
- [3] 刘俊,徐昌彪,隆克平.基于NS的网络仿真探讨[J].计算机应用研究,2002.
- [4] 钟曼莉.基于NS-2的网络仿真.铁路计算应用[J].2003,(12):3.
- [5] 刘强.基于免费软件NS-2的网络仿真[J].电子技术应用,2001.