

文章编号: 1000-5013(2008)03-0375-04

利用 NS-2 实现 Ad Hoc 网络仿真平台

洪家军, 吴金龙

(华侨大学 信息科学与工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 利用 NS-2 构建一个虚拟的 Ad Hoc 网络环境, 使用 gawk 对仿真过程中产生的 Trace 文件进行分析, 利用 Matlab 进行数据计算和比较. 根据不同路由协议的分组传递率、端到端时延和路由开销 3 个性能指标, 利用仿真的结果分析和比较目的序列距离矢量路由协议(DSDV), 动态源路由协议(DSR)和 Ad Hoc 按需距离矢量路由协议(AODV) 3 种典型的路由协议. 从仿真的结果来看, 在分组传递率方面, AODV 和 DSR 的性能要比 DSDV 好, 但从时延和路由开销的角度来看, DSDV 的性能要比 AODV 和 DSR 的强.

关键词: Ad Hoc 网络; 路由协议; NS-2; 仿真

中图分类号: TP 393. 01

文献标识码: A

Ad Hoc 网络是一组无线移动主机组成的, 没有任何基础设施或集中管理设备的临时网络, 其路由协议一直是其实际应用研究的重点. 目前, 已经提出多种用于 Ad Hoc 网络的路由协议解决方案, 比如 DSDV, DSR, AODV 和 TORA 等. NS(Network Simulator) 是美国 Lamrence Berkeley 国家实验室于 1989 年开始开发的一种网络仿真集成环境. 它采用开放的体系结构, 是一种可扩展的、易配置和编程的、基于事件驱动的网络仿真工具, 用户很容易根据自己的需要开发新的网络协议. 本文主要阐述利用 NS-2 构建 Ad Hoc 网络仿真平台并在该平台上仿真、分析和比较 DSDV, DSR 与 AODV 3 种路由协议的在不同的环境下的性能.

1 用 NS-2 仿真 Ad Hoc 路由协议

1.1 构建 Ad Hoc 网络仿真环境

在 NS 仿真环境中, Ad Hoc 网络的体系结构主要包括如下 5 个层次. (1) 应用层. 采用恒定比特率(CBR)数据流. (2) 传输层. 采用 UDP 协议. (3) 网络层. 采用 DSR, DSDV, TORA, AODV. (4) MAC 层. 采用 IEEE 802. 11 介质访问控制(MAC)协议中的分布式协调功能(DCF). (5) 物理层. 包含位置、无线电传输等元素.

设定仿真环境: 20 个移动节点, 各节点依次记作 0, 1, 2, ..., 19, 节点在 800 m × 600 m 的平面矩形区域中移动, 节点在到达目的节点之后停留的时间为 0 s (即到达目标节点后不作停留), 节点最大移动速度为分别为 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 m · s⁻¹, 仿真时间为 200 s. AODV 协议的网络参数设置部分 TCL 源代码如下^[1]:

set val(chan)	Channel/ WirelessChannel;	# 采用无线信道
set val(prop)	Propagation/ TwoRayGround ;	# 无线电波的传播方式
set val(ant)	Antenna/ OmniAntenna ;	# 天线方式, 全方位天线
set val(ll)	LL ;	# ll 层采用 LL
set val(ifq)	Queue/ DropTail/ PriQueue;	# 接口队列模型

收稿日期: 2007-09-21

作者简介: 洪家军(1979), 男, 现为莆田学院电子信息工程学系(福建 莆田 351100)讲师; 通信作者: 吴金龙(1943-), 男, 教授, 硕士生导师, 主要从事计算机网络与通信安全的研究. E-mail: wjl@hqu.edu.cn.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(S0750014); 福建省莆田学院科研基金资助项目(2006Z004)

```
set val(ifqlen)      50;                # ifq 队列的容量
set val(netif)       Phy/WirelessPhy;  # 无线物理层
set val(mac)         Mac/ 802_11;      # MAC 层采用 802.11
```

1.2 构建仿真场景

在 Ad Hoc 网络路由仿真时必须有一个数据流场景和一个节点运动场景,数据流场景规定某个节点在什么时间连接到哪个节点和发送分组等,节点运动场景规定节点到达目的地后是否停留,以及停留多长时间,以多大速率移动等.在 NS-2 中可以在上面定义网络参数时,加入以下 2 条代码分别加载数据流和节点运动场景文件.即 `set val(cp), "cbrflow"; set val(sc), "scene"`. 其中,文件 `cbrflow` 是数据流场景文件, `scene` 是节点运动场景,这 2 个文件可以分别由 `cbrgen.tcl` 和 `setdest` 生成,生成数据流场景文件的命令格式是:

```
ns cbrgen.tcl [-type cbr|tcp] [-nn nodes] [-seed seed]
               [-mc connections] [-rate rate] >cbrflow.
```

这里的参数 `type` 指定产生的是 `tcp` 还是 `cbr` 流,参数 `nn` 指定有多少个节点, `seed` 参数指定随机种子数, `mc` 指定节点间的最大连接数,通过 `rate` 参数可以指定每个连接间的流的负载量,如果产生的是 `cbr` 流,则分组长固定为 512 B, `rate` 值指定节点每秒发送多少个包.生成节点运动场景的命令格式是:

```
./setdest-v 1-n <nodes>-p <pause time>-M <max speed>
-t <simulation time>-x <max X>-y <max Y>>scene.
```

这里的 n 指定了场景中总共有多少节点, p 指定了节点在运动到一个目的地后停留的时间.参数 M 指定了节点随机运动速度的最大值,单位是 $m \cdot s^{-1}$,节点的运动速度将在 $[0, M]$ 范围内随机选择.参数 t 指定了仿真场景持续的时间,单位为 s ;参数 x 和 y 分别指定节点运动区域的长和宽,单位为 $m^{[1]}$.

2 仿真及结果分析

2.1 仿真

将用于仿真的 OTcl 脚本文件以扩展名为 `.tcl` 保存在 Cygwin 下的 `home/username` 的文件夹中,并在 Cygwin 命令窗口中输入命令“`ns aodv.tcl`”即可仿真.仿真完成后便会生成 `aodv.tr` 和 `aodv.nam` 两个文件.其中, `aodv.tr` 文件记录仿真全过程中发生的所有事件, `aodv.nam` 文件的作用就是将仿真过程以可视化的方式显示.在 Cygwin 命令窗口下输入命令 `startxwin.bat`,在弹出的窗口中输入命令“`nam aodv.nam`”打开如图 1 所示的窗口.图 1 中,每个带数字的圆圈代表移动节点,而圆环表示以某个节点为中心的无线电覆盖范围,其大小随节点的发射功率的不同而不同.

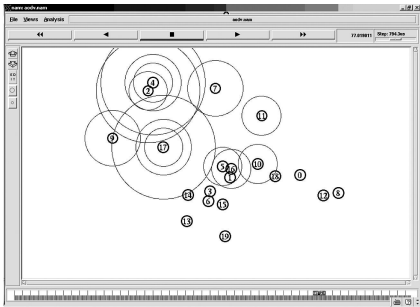


图 1 仿真时的可视化效果

2.2 Trace 文件分析

Trace 文件的有新旧两种格式之分,所有对仿真的分析都是基于新格式的 Trace 文件.下面就是新格式的 Trace 文件中的一行记录,如:

```
s t 90.786703178-Hs 17-Hd-2-Ni 17-Nx 602.47-Ny 402.69-Nz 0.00-
Ne-1.000000-Nl AGT-Nw ..Ma 0-Md 0-Ms 0-Mt 0-Is 17.0-Id 15.3-
It ack-Il 40-If 0-Ii 13201-Iv 32-Pn tcp-Ps 2657-Pa 0-Pf 0-Po 1
```

从这行记录可知,一个分组需从源节点 17 发送到目的节点 15.在 90.786 703 178 时间点上,此分组从源节点 17 被发送到中间节点 2,由中间节点 2 转发给其他节点直到目的节点,源节点的坐标位置为(602.47, 402.69, 0),能量级为 1.000 000,Trace 的层次(Nl)是 AGT(Agent Level Trace),事件发生的原因(Nw)为空,其 MAC 层的信息由 Ma, Md, Ms 和 Mt 给出^[1].

2.3 3 种路由协议的比较

在 NS-2 中,可利用 `gawk`, `gnuplot` 和 `xgraph` 等组件方便地分析 Trace 文件,使用这些组件时需要编写 Otcl 语言.本文使用 `gawk` 对产生的 Trace 文件进行分析,利用 Matlab 进行数据计算和比较.下面

根据不同路由协议的分组传递率、时延和路由开销 3 个性能指标来分析和比较 3 种路由协议的性能.

2.3.1 分组投递率 分组投递率(Packet Delivery Fraction, PDF)是指源节点应用层发送的分组数目与目的节点应用层收到的分组数目的比值. 该指标反映了网络的吞吐量,可表明路由协议的有效性和适应网络变化的性能. 求分组投递率的 gawk 脚本关键代码如下:

```

/^s/ && /cbr/ && /AGT/ sendnum++;
/^r/ && /cbr/ && /AGT/ recvnum++;
PDF = (recvnum/sendnum) * 100;
# 求发送分组数
# 求成功接收的分组数
# 求分组投递率
```

各路由协议的分组投递率(φ)与移动速度(v)的比较,如图 2 所示. 从图 2 中可看出,在相同的移动速度下,DSR 和 AODV 协议的分组投递率明显高于 DSDV 协议,特别是在网络拓扑较稳定时,DSR 和 AODV 的分组投递率相当高(接近 100%),而 DSDV 的成功分组投递率最低. 随着移动速度的增加,各路由协议的分组投递率都呈下降趋势,特别是 DSDV 下降的幅度最大. 这是因为随着移动速度的增加,网络拓扑结构的变化越来越剧烈,网络中的无线信道势必增加了大量的路由更新报文,特别是表驱动路由协议 DSDV. 每一次拓扑的变化都需要更新路由表中的内容,而 DSR 和 AODV 都是按需路由协议,只有在要发送分组时才需要建立路由^[2-4]. 因此,按需路由协议对网络拓扑的变化的敏感度要比表驱动路由协议要低得多.

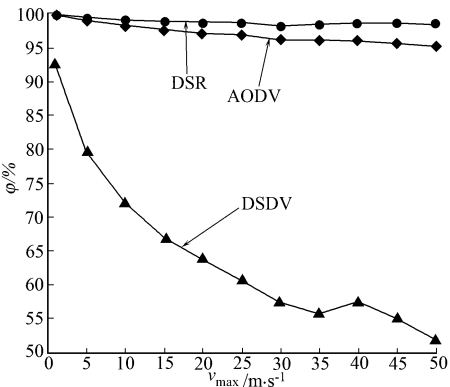


图 2 各路由协议的分组投递率比较

Fig. 2 The comparison among the PDF of every routing protocol

2.3.2 端到端时延 端到端时延(End to End Delay, EED)是指分组从源节点到目的节点所经历的时间,计算平均时延的关键 gawk 脚本如下:

```

if (($ 19 == "AGT") && (start_time[packet_id] == 0) && ($ 35 == "cbr"))
{ start_time[packet_id] = time; # 若是第一次看到此包,说明是源发出,记录发包时间 }
if ( ($ 1 == "r") && ($ 19 == "AGT") && (end_time[packet_id] == 0) && ($ 35 == "cbr"))
{ end_time[packet_id] = time; # 记录收包时间 }
```

将收包总时间与发包总时间相减,然后除以接收的总分组数即为端到端平均时延(t). 各路由协议的端到端平均时延的比较,如图 3 所示. 从图 3 中可以看出,随着移动速度的增加,各路由协议的端到端平均时延都在增加,其中 DSR 的增加幅度最大;在相同速度下,3 个协议中 DSDV 具有最小的端到端时延,而 DSR 和 AODV 的端到端平均延迟较大. 这是因为在需要发送数据时,DSDV 路由协议通过查找路由表直接获取路由,因而延迟时间较小;而 DSR 和 AODV 是按需路由协议,它们在需要发送数据时才启动路由发现过程,查找可用的路由,因此延迟较大. 移动速度的增加导致拓扑结构的频繁变化,从而使得各路由协议的端到端平均时延也相应地增加. 另外,由于 AODV 路由协议是 DSR 和 DSDV 的综合^[5-7],因此,在相同条件下 AODV 的时延较 DSR 要小得多.

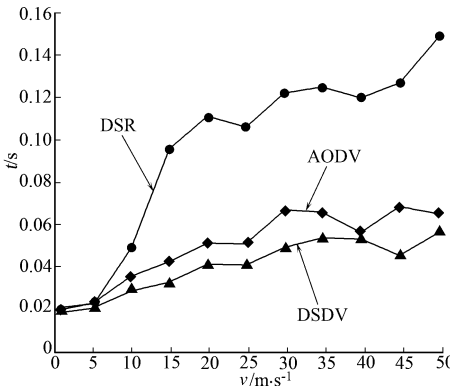


图 3 各路由协议的平均时延比较

Fig. 3 The comparison among the average EED of every routing protocol

2.3.3 路由开销 路由开销是指整个仿真过程中传送的路由控制分组的总数目. 路由开销是比较不同协议性能差别的重要指标,用于衡量协议的可扩展性、在低带宽或拥塞情况下的性能和能耗效率.

统计路由开销的关键 gawk 脚本如下:

```

if (($ 1 == "s" || $ 1 == "f") && ($ 19 == "RTR")) { rout_count++; }
```

各路由协议的路由开销(K)比较,如图4所示,从图4中可看出,在相同的移动速度下,按需路由协议DSR和AODV的路由开销较表驱动路由协议DSDV高.随着移动速度的增加,按需路由协议的路由开销都在增加,而表驱动路由协议DSDV则在下降,这是因为按需路由的路由请求过程是对应于当前需要的一条路径,每次只能得到一条路由,而表驱动路由协议的路由信息更新是同时广播所有路径的,也就是说一次路由更新可找到多条路由.所以,按需路由的协议分组开销较大,同时节点移动速度的增加导致了按需路由由协议启动路由发现过程的次数的增多,从而路由开销呈上升趋势.

3 结束语

从仿真的结果来看,在分组投递率方面,AODV和DSR的性能要比DSDV好,但从时延和路由开销的角度来看,DSDV的性能要比AODV和DSR的强.由此可看出不同的路由协议都有各自的应用场合和优缺点.因此在具体的环境中可根据应用的需要选取适合的路由协议,或者开发一种综合利用各路由协议优点的新协议,或者改进某种协议,这也是下一步要研究的问题.

参考文献:

[1] 徐雷鸣,庞博,赵耀,等. NS与网络模拟[M]. 北京:人民邮电出版社,2003:11.
[2] PERKINS C E. Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing[EB/OL]. [2002-04-19]. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-aodv-10.txt>.
[3] JOHNSON D B, MALTZ D A, HU Y C. The dynamic source routing protocol for mobile ad hoc networks (DSR) [EB/OL]. [2004-07-01]. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-dsr-10.txt>.
[4] PERKINS C E, BHAGWAT P. Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers[J]. Computer Communications Review, 1994(10):234-244.
[5] 王顺满,陶然,陈朔鹰,等. 无线局域网技术与安全[M]. 北京:机械工业出版社,2005:34-37.
[6] 郑少仁,王海涛,赵志峰,等. Ad Hoc 网络技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.
[7] 吴继春. Ad Hoc 网络路由协议的研究与 NS-2 仿真[D]. 武汉:武汉理工大学,2005

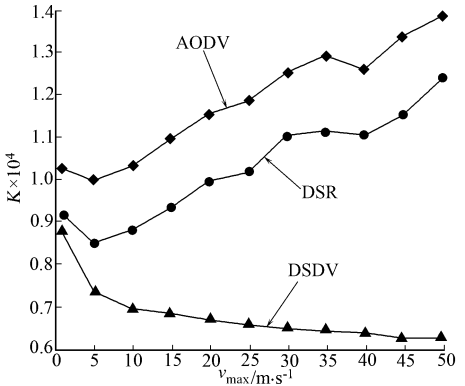


图4 各路由协议的平均路由开销比较
Fig.4 The comparison among the average routing overhead of every routing protocol

To Realize the Simulate Platform of Ad Hoc Network by Using NS-2

HONG Jia-jun, WU Jin-long

(College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: A virtual environment of Ad Hoc network by using NS-2 is constructed and the Trace files generated in the course of the simulation by using gawk are analyzed. At the same time, the data are calculated and compared using Matlab. With the support of the 3 performance indicators, packet delivery fraction, end-to-end delay and routing overhead for different routing protocol, the results of simulation help to realize the analysis and comparison of 3 typical Ad hoc routing protocols which are destination-sequenced distance-vector routing (DSDV), dynamic source routing (DSR) and Ad Hoc on-demand distance vector (AODV). The simulation results indicate that the performance for AODV and DSR is better than DSDV in the packet delivery fraction, but from the aspect of delay and routing overhead, the performance of DSDV is better than AODV and DSR.

Keywords: Ad Hoc network; routing protocols; NS-2; simulation

(责任编辑: 鲁 斌 英文审校: 吴逢铁)