

# MANET 节点移动模型仿真研究

石丛军, 任清华, 郑博, 刘芸江

(空军工程大学电讯工程学院, 西安 710077)

**摘要:** 移动自组网(MANET)节点移动特性对网络拓扑结构有重要影响, 在合理的节点移动模型下对网络性能的评估才真实可靠。通过对网络仿真软件 NS2 进行拓展, 实现个体、群体和具有地域限制的节点移动模型, 提出物理链路和路由协议 2 个层面的评估准则, 给出不同类节点模型对路由协议性能的影响程度。对研究和评估 MANET 的路由协议有重要的参考价值。

**关键词:** 移动自组网; 节点移动模型; 路由协议; 网络仿真

## Simulation Research of Node Mobility Models in MANET

SHI Cong-jun, REN Qing-hua, ZHENG Bo, LIU Yun-jiang

(Telecommunication Engineering College, Air Force Engineering University, Xi'an 710077)

**【Abstract】** The node mobility models have an important influence on the topology of Mobile Ad hoc Networks(MANET), thus only the studies that under reasonable node mobility model are trusty. This paper generates the entity model, group model and area restricted model through expanding the NS2 and analyzes them in physical aspect and routing aspect. It shows that different mobility models have obvious different affection on the routing protocol. It is very useful in evaluating and studying routing protocol in MANET.

**【Key words】** Mobile Ad hoc Networks(MANET); node mobility models; routing protocol; network simulation

移动自组网(Mobile Ad hoc Networks, MANET)是一种无基础设施、分布式、多跳网络, 它具有组网灵活、抗毁性强等优点, 在军事通信、抗灾救险、与蜂窝网结合等方面有重要作用。目前还没有足够的移动自组网设备, 关于 MANET 的研究还处于仿真阶段。在仿真研究中, 节点的移动特性将会对网络的拓扑结构产生重要影响, 从而影响路由协议的性能, 选择合理的节点移动模型至关重要。

### 1 MANET 节点移动模型介绍

与真实运动特点相似的节点移动模型才能正确模拟网络的拓扑结构, 为了能尽可能真实地反映网络节点的移动特性, 很多移动模型被提出, 大体可分为 3 类。(1)个体移动模型<sup>[1]</sup>: 在这种模型中, 节点之间的运动相互独立;(2)群组移动模型: 在这种模型中, 群组内部节点之间的运动具有某种相关性, 而群组之间的运动属于个体运动情形;(3)具有地域限制的运动模型: 在这种模型中, 对节点的运动范围作了限制。

#### 1.1 个体移动模型

MANET 仿真中应用的个体移动模型主要包括: 随机走动移动模型(random walk mobility model), 随机路点移动模型(Random Waypoint mobility model, RWP), 随机方向移动模型(random direction mobility model), 高斯-马尔科夫移动模型(Gauss-Markov mobility model)等。其中, RWP 模型是广泛应用的一种个体移动模型, 也是网络仿真软件 NS2 中唯一集成的移动模型, 通过 NS2 中的 setdest 工具输入相关参数即可产生运动场景文件。目前大部分 MANET 路由协议的研究都基于此移动模型。

RWP 模型在文献[2]中被描述为: 节点首先在当前位置停留一段随机时间  $T_p \in [T_{min}, T_{max}]$ , 然后在场景内随机选取一个位置作为目标位置, 并以随机选定的速度  $V \in [V_{min}, V_{max}]$  向该目标位置移动, 节点到达目的地后再随机停留一段时间

$T_p$ , 然后重复上述过程。图 1 是 40 个节点以 RWP 模型运动时在 NS2 中的仿真场景。



图 1 RWP 模型仿真场景

这种模型符合大部分场合节点的运动特性, 但是文献[3]提出它存在的 2 个弊端: (1)平均速度逐渐降低; (2)节点稳态分布不均匀。文献[4]采用了初始化稳态分布的方法, 克服了 RWP 模型稳态分布不均匀的弊端。但更重要的是, 它并不能反应节点在群移动或者具有地域约束的情况下的运动特征。

#### 1.2 群组移动模型

在 MANET 仿真中常常会遇到具有相关性的一组节点整体运动的情形, 例如, 一群士兵搜索敌人, 或者救灾抢险中的小分队等。为了模拟这种节点间运动的相关性, 几种群移

**基金项目:** 国家“863”计划基金资助项目“复杂电磁环境下远距离航空型 TDCS 研究”(2007AAJ130)

**作者简介:** 石丛军(1981-), 男, 硕士研究生, 主研方向: 移动 Ad Hoc 网络; 任清华, 教授; 郑博, 博士研究生; 刘芸江, 副教授、博士

**收稿日期:** 2009-01-21 **E-mail:** flyingbat2008@163.com

动模型被提出,包括追踪模型(pursue model)、参考点群移动模型(Reference Point Group Mobility model, RPGM)、队列模型(column model)等。其中较常见的是 RPGM 模型。

RPGM 模型在文献[5]中首次被提出,在这种模型中,每一个群都有一个群首作为参考点,群内其他节点的运动以群首的运动为参考,在群首运动的速度和方向基础上,叠加一个随机的偏移量,作为自己的速度和方向,即

$$|V_{member}(t)| = |V_{leader}(t)| + random() \cdot SDR \cdot max\_speed \quad (1)$$

$$\theta_{member}(t) = \theta_{leader}(t) + random() \cdot ADR \cdot max\_angle \quad (2)$$

其中,  $0 < SDR, ADR < 1$ ,  $SDR, ADR$  分别是速度、角度偏移率,它们用来控制群组成员的速度和方向与群首节点的偏移程度; $max\_speed$  和  $max\_angle$  是群组成员能够获得的最大的偏移量。图 2 是群数为 4,每群 10 个节点时 RPGM 模型在 NS2 中的仿真场景。



图 2 RPGM 模型仿真场景

### 1.3 具有地域限制的移动模型

在有些 MANET 仿真中,节点的运动严格限制在预定的路线上,如城市街道上运动的汽车等。常用的具有地域限制的移动模型有:高速公路移动模型(freeway mobility model),曼哈顿移动模型<sup>[6]</sup>(Manhattan mobility model, MH)。本节主要介绍 MH 模型。

在这种移动模型仿真时首先要编写地图文件,地图由若干条平行和垂直的双线来表示节点运动的路线,移动节点只允许沿着这些线双向运动。在十字路口,节点能够向左转、向右转、或者向前走。图 3 是 40 个节点以 MH 模型运动时在 NS2 中的仿真场景。

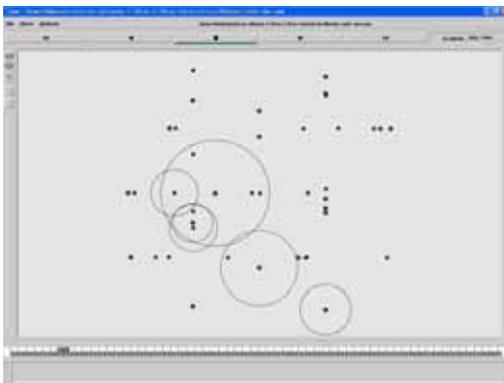


图 3 MH 模型仿真场景

## 2 节点移动模型的评估准则

为了区分不同的节点移动模型,本文提出 2 个方面的评估准则:物理链路方面的准则和基于路由协议的评估准则。

这 2 个层面的准则相互联系,其中物理链路层面的分析解释了为什么节点移动模型会影响路由协议的性能,基于路由协议的分析反映出节点移动模型对路由协议影响的程度。

下面给出邻居节点比率和平均链路保持时间的定义式。

### (1) 邻居节点比率

邻居节点是指位于考察节点传输范围内的所有节点,用  $n_i(t)$  表示第  $i$  个节点传输范围内的节点个数, $N$  是总的节点个数,那么整个区域内的平均邻居节点比率用下式给出:

$$\text{邻居节点比率} = \frac{\sum_{i=1}^N n_i(t) / N}{N} \quad (3)$$

### (2) 平均链路保持时间

链路保持时间就是一个节点从进入到另一个节点的传输范围到离开这个节点的传输范围的时间,平均链路保持时间就是整个区域内所有链路保持时间的平均值,设  $t_i$  是第  $i$  条链路的保持时间, $link\ number$  是总的链路数,则

$$\text{平均链路保持时间} = \frac{\sum_{i=1}^{link\ number} t_i}{link\ number} \quad (4)$$

## 3 仿真分析

为了比较 3 类不同的节点移动模型,在其中各选一种。

其中 RWP 移动模型由 NS2 自带的 setdest 工具产生。RPGM 移动模型和 MH 移动模型参考 NS2 中的 mobilenode.{cc,h} 文件,用 C++ 编写。仿真区域大小设定为  $1000\text{ m} \times 1000\text{ m}$ ,节点个数为 40,单跳距离为 250 m,仿真时间为 2000 s,每种模型下节点以固定的速度运动,速度大小分别为  $5\text{ m/s} \sim 60\text{ m/s}$ 。在仿真路由协议时,选取的路由协议是 AODV 协议<sup>[7]</sup>。为了区分群移动模型中群组个数的影响,分别取群的个数为 2,每群 20 个节点(用 RPGM-2 表示)与群的个数为 4,每群 10 个节点(用 RPGM-4 表示),得到的物理链路仿真数据如图 4、图 5 所示。

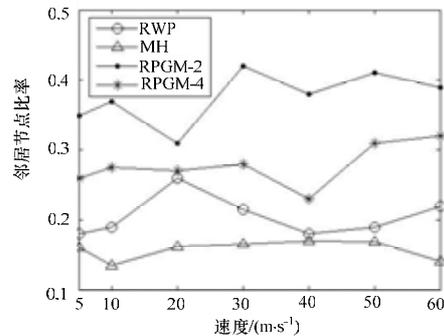


图 4 邻居节点比率

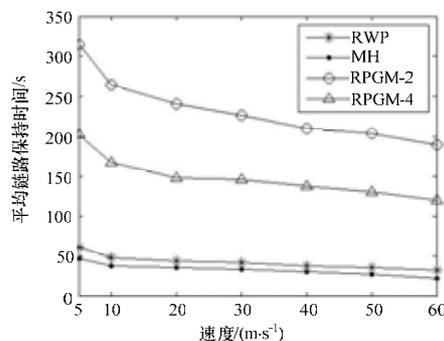


图 5 平均链路保持时间

可以看出, RPGM-2 的邻居节点比率和平均链路保持时

间最大, RPGM-4 次之, 这是由于在 RPGM 模型中, 群内部的节点相互之间的距离较小, 并且群内部节点运动的方向和速度具有相关性。MH 模型的邻居节点比率和平均链路保持时间比 RWP 模型稍小, 这是由于在 MH 模型中区域地图的网格把节点彼此隔离开, 使节点在仿真区域的分布更加均匀化。另外, 随着节点速度的增加, 节点进入和离开另一个节点传输范围的频率增加, 每种节点移动模型的链路保持时间有下降的趋势。

各种场景下基于路由协议的仿真结果如图 6、图 7 所示。

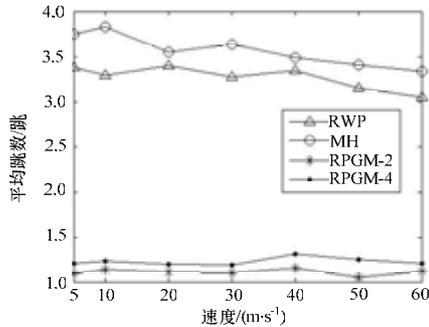


图 6 平均跳数

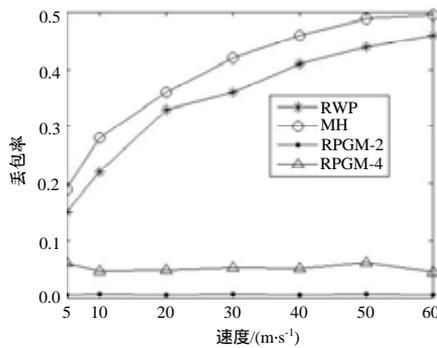


图 7 丢包率

可以看出, 由于群移动模型中群内部节点彼此距离较小, 因此导致平均跳数在 1 跳左右, 故丢包率较小, 群的个数越少, 这种趋势越明显。相反, MH 模型节点被隔离分散, 平

均跳数在 3 跳以上, 丢包率很大。另外, 随着节点运动速度的增大, 节点之间链路建立与断开频繁, 导致每一种节点移动模型下的丢包率都明显增加。

#### 4 结束语

本文通过对 NS2 的拓展实现了 RWP, RPGM 和 MH 模型, 并从物理链路和路由协议 2 个层次对运动模型进行了仿真分析。得出的结论是, 在不同的节点移动模型下, 同一种路由协议的性能完全不同, 所以在进行路由协议研究中选择符合真实环境的节点移动模型至关重要。今后的工作是针对所研究的航空自组织网络, 提出符合其特点的点移动模型, 进而针对性地研究其路由协议。

#### 参考文献

- [1] 王建新, 李 健, 朱贤曼. MANET 中节点的运动模型和性能分析[J]. 计算机工程, 2006, 32(19): 125-130.
- [2] Camp T, Boleng J, Davies V. A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research[J]. Wireless Communication & Mobile Computing, 2002, 2(5): 483-502.
- [3] Yoon Jungkeun, Liu Mingyan, Noble B. Random Waypoint Considered Harmful[C]/Proc. of the 22nd Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. San Francisco, California, USA: [s. n.], 2003: 312-321.
- [4] Navidi W, Camp T, Bauer N. Improving the Accuracy of Random Waypoint Simulations Through Steady-state Initialization[C]/Proc. of the 15th International Conference on Modeling and Simulation. San Diego, CA, USA: [s. n.], 2004: 319-326.
- [5] Hong Xiaoyan, Gerla M, Pei Guangyu. A Group Mobility Model for Ad Hoc Wireless Networks[C]/Proc. of ACM/IEEE MSWIM'99. Seattle, WA, USA: [s. n.], 1999: 53-60.
- [6] Bai Fan, Sadagopan N, Helmy A. The Important Framework for Analyzing the Impact of Mobility on Performance of Routing for Ad Hoc Networks[J]. Ad Hoc Networks Journal, 2003, 1(4): 383-403.
- [7] 屈文杰, 吴长奇. AODV 和 AOMDV 路由协议性能仿真与分析[J]. 计算机工程, 2007, 33(17): 143-145.

编辑 任吉慧

(上接第 86 页)

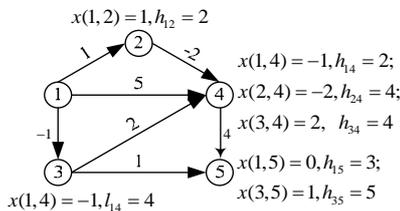


图 15 考察弧( $v_3, v_5$ )

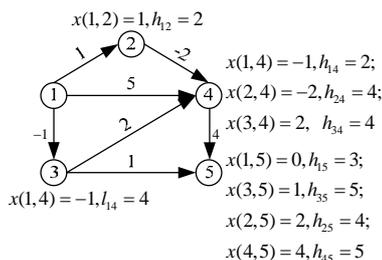


图 16 考察弧( $v_4, v_5$ )

#### 6 结束语

本文针对无回路网络, 采取将顶点重新排序并依次扫描其所有出弧的方法, 设计出单源最短路算法和任意顶点对间最短路算法。分析和实例表明, 本文提出的算法具有复杂度低、直观性强、易理解、易实现等特点, 对于手工操作也非常方便。下一步主要工作将考虑在满足某些限制条件的情况下, 如何快速寻找无回路网络中最短路的问题。

#### 参考文献

- [1] 谢 政. 网络算法与复杂性理论[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2003.
- [2] Loachim I. A Dual Programming Algorithm for the Shortest Path Problem[J]. Networks, 1998, 31(2): 193-204.
- [3] 段凡丁. 关于最短路径的 SPFA 算法[J]. 西南交通大学学报, 1994, 29(2): 208-212.
- [4] 李引珍, 郭耀煌. 网络最短路径定界搜索法[J]. 西南交通大学学报, 2004, 39(5): 561-564.

编辑 索书志