

基于圆周运动的自组网移动模型研究

王伟¹ 蔡皖东¹ 王备战² 李勇军¹ 田广利¹

¹(西北工业大学计算机学院 西安 710072)

²(厦门大学软件学院 厦门 361005)

(wangweinwpu@gmail.com)

Research on a Mobility Model Based on Circle Movement in Ad Hoc Network

Wang Wei¹, Cai Wandong¹, Wang Beizhan², Li Yongjun¹, and Tian Guangli¹

¹(School of Computer Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072)

²(School of Software, Xiamen University, Xiamen 361005)

Abstract Ad hoc network is not deployed on a large scale, and researches in this area are mostly simulation based on mobility models. The research on node space probabilistic distribution of mobility model plays a very important role in studying many relevant characteristics of ad hoc network. However, there are many drawbacks on existing mobile models, e. g. unrealistic movement scenarios, non-uniform distribution, low connectivity, etc. On the basis of analysis of these models, a novel mobile model based on circle movement is proposed and the space probability distribution of this mobile model is deeply investigated. By the analyses of the probability and average length of the events that contribute to the node space distribution, the exact equation of the node asymptotically stationary distribution for movement is derived on a 2D region. Its advantages such as uniform distribution are validated through simulations by various settings of the mobility parameters. Simulation results show that this new model avoids the above drawbacks. Given a deep understanding of the behavior of this new model, the research results are of practical value and provide exact theoretical model for simulation and evaluation of ad hoc network performance.

Key words ad hoc network; mobility model; space probability distribution; circle movement; connectivity; stationary state

摘要 自组网仿真研究大多基于特定的移动模型,而移动模型中节点空间概率分布是研究和评价自组网性能的理论基础。然而,现有的自组网移动模型存在诸多缺陷(如不现实的移动场景、节点的非均匀分布等)。在分析和比较现有移动模型的基础上,提出一种基于圆周运动的移动模型,推导出移动节点的二维概率密度函数公式。理论分析和仿真实验表明,该模型能够克服现有移动模型的这些缺陷,为仿真和评估自组网的性能提供了精确的理论模型。

关键词 自组网;移动模型;空间概率分布;圆周运动;连通性;稳态

中图分类号 TP393

自组网源于战场通信的战术网络,以提高网络的生存能力。网络的每个移动节点(mobile node, MN)能随机地以任意速度朝任何方向移动,从而在

任何时间、任何地点快速、低廉地构建起可抗毁的移动通信网络。MN的流动性、无线发射功率的变化、信号之间的干扰及外界因素等动态变化造成节点间

收稿日期:2006-07-24;修回日期:2007-02-02

基金项目:福建省自然科学基金项目(2006J0222)

的链路增加或消失,从而导致网络各项性能指标(如吞吐量和传输时延等)频繁的变化. 鉴于测试床难以实现自组网移动模式所要求的现实的、复杂的动态场景,人们常用可预测网络链路状态的移动模型(mobility model, MM)^[1]:依据 MM 固有的随机性,通过一定时间范围内的模拟并对稳态的网络行为及其 MN 的空间概率分布进行统计分析,研究网络诸多特性,进而达到验证自组网算法、协议等目的. 尽管人们提出了许多 MM^[2],但在仿真中往往由于这些 MM 自身的不足(如网络在大部分时间内处于非稳态、模型收敛时间超出仿真时间等),难以捕捉到网络的稳态行为. 另外,这些缺陷对模拟会造成巨大的影响,给自组网的研究带来了困难^[3]. 基于此,本文在对现有 MM 分析的基础上,提出了一种基于圆周运动的自组网 MM,利用几何概率分析和数学推导给出了该模型 MN 在二维移动区域的精确概率密度公式,并对其进行了理论分析和仿真验证.

1 现有移动模型的分析

MM 的研究大体可分为两个方面:设计新的 MM 以更好地模拟现实世界中的移动场景;对现有的 MM 进行改进以克服其固有的缺陷. 一般地,MM 有以下不同的分类方法:

1) 根据研究者所关心的对象,分为基于实体的 MM 和基于群的 MM^[2]. 前者主要有 RWPM (random waypoint), RWM (random walk), RDM (random direction) 和 CSM (city section) 等. 自组网的研究常常基于 RWPM 模型^[4],而 RWM 和 RDM 都是由 RWPM 演变而来. 由于 RWPM 具有简单、直观等特点,研究者往往假设 RWPM 模型中的 MN 处于均匀分布,但最近的研究表明:在时间特性上, MN 的平均速度会随时间增加而衰减. 由于移动系统性能对 MN 速度高度依赖,致使系统达到稳态前所得到的模拟结果缺乏可靠性. 而采取 MN 的 $v_{\min} > 0$ 及舍弃仿真的初始数据等措施仅能降低却不能消除速度衰减带来的副作用^[5]. 在空间特性上, MN 会产生“边界效应(border effect)”^[4]. 基于群的 MM 主要有 CMM (column model), NCMM (nomadic community) 和 RPGMM (reference point group) 等. 其中, RPGMM 为群的移动提供了基本的框架,尽管它能够用于许多现实的场景(如参观展览会、分组搜救等),但群内成员节点的移动要受到低速的限制,过多的模型参数使仿真过于复杂.

2) 根据节点随机度的不同^[3],分为 CTBM (constrained topology based model) 和 SM (statistical model). CTBM 适于拥有不同类型的主机和不同移动模式的异构环境,它可分为 RPGMM (如上所述); MVM (mobility vector model),在群优先选择的移动路径上,通过选择适当的 Checkpoint 就能产生不同的移动模式,但要得到这些 Checkpoint 非常困难; OMM (obstacle mobility model),它考虑到现实中障碍物(如建筑物等)的影响, MN 总是沿预先定义好的路径图朝着特定的(非随机选择)目的地移动,文献[6]仅对一些特定场景做了研究,缺乏普遍性的结论. SM 是基于理想化的 MM,节点随机地选择速度、方向和目的地,如上述的 RWPM 和 RDM 等.

总之,这些 MM 存在如下缺陷: MN 在移动区域非均匀分布; 选取不同的 MM 参数会给仿真结果产生较大的差异^[7],如在 RWMM 中,暂停时间越大边界效应越小, v_{\min} 越小网络的“粘滞”现象越严重^[5]; 基于统计的 MM 完全依赖于特定的现实状况^[6],即使同类人群的活动也会因不同时间、不同地点而产生不同的统计结果; MM 建立在简单的直线运动上,难以模拟现实中复杂的运动模式,尚未提出一种曲线移动的 MM; MM 对网络动态特性仅限于直观的 MN 上,而未体现链路的动态特性及其分布^[8].

2 基于圆周运动的移动模型研究

2.1 模型定义

在军事巡逻或搜捕行动中,常需要士兵或装甲车围绕特定的地区进行周期性的活动. 为了建立这种背景下的 MM,做如下假设: 所有 MN 及其动态行为具有独立同分布; 所有 MN 均匀地分布在二维下半径为 R_m 的圆内,圆心为一静止节点 O , MN 可感知(通过 GPS 或位置服务程序)到 O 及它们之间的距离; MN 能确定其移动方向和目的地. 移动开始时, MN 随机地在圆中选择目的点,从起点移动到终点的过程称为 Step. 若用点的极坐标来表示 MN 的位置,则其中第 i 个 Step ($i \leq N$) 包括半径方向移动期间 T_{Ri} (调整半径的过程). MN 以速率 v_i (m/s) 从 (r_{i-1}, θ_{i-1}) 沿半径方向移动到 (r_i, θ_{i-1}) 点,其直线移动距离为 $SLL_i = |r_i - r_{i-1}|$ m,所用时间为 $T_{Ri} = |r_i - r_{i-1}| / v_i$ s. 圆周运动期

间 T_{Ai} . MN 在 (r_i, θ_{i-1}) 处以线速度 v_i 沿半径 r_i 的圆周以逆时针方向做匀速圆周运动, 直至目的地 (r_i, θ_i) , 就完成一个 Step, 终点 (r_i, θ_i) 即下轮 Step 的起点. 移动的弧长为 $SAL_i = | \theta_i - \theta_{i-1} | \times r_i$ m, 所用时间为 $T_{Ai} = | \theta_i - \theta_{i-1} | \times r_i / v_i$ s, 步长为 $SL_i = SLL_i + SAL_i$ m. 暂停期间 T_{Pi} . MN 在终点 (r_i, θ_i) 处暂停一段时间 T_{Pi} 并随机地分别在 $[0, R]$ 和 $[v_{\min}, v_{\max}]$ 内选择下一轮 Step 的半径 r_{i+1} 和移动速率 v_{i+1} , 且 r_{i+1} 和 v_{i+1} 分别服从 $[0, R]$ 和 $[v_{\min}, v_{\max}]$ 上的均匀分布.

MN 进入下一轮 Step 后, 重复执行 \sim , 以至无穷, 我们称之为基于圆周运动的移动模型 (circle movement based model, CMBM), 如图 1 所示. 因此, 对于 N 个 Step ($N > 0$), MN 首先在圆内随机找一个点作为 Step 1 的终点开始移动, 后续的 $N - 1$ 个 Step 依次使用前次 Step 目的点作为各自的起点, 整个移动过程称做 N 个连续的 Step. 显然, CMBM 这种曲线移动特性避免了 RWPM 的“边界效应”, 便于研究 MN 间链路的动态特性及其分布.

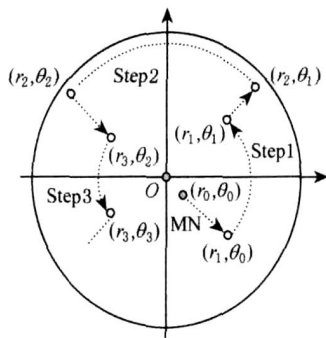


Fig. 1 CMBM mobility model.
图 1 CMBM 模型示意图

可见, CMBM 是基于实体的 MM. 由于现有的 MM 都是建立在简单的直线运动之上, 而建立在曲线运动之上的 CMBM 对整个 MM 体系进行了有益的扩充.

2.2 节点概率分布研究

在 CMBM 中, MN 的整个移动过程可描述为随机过程: $\{ T_{Ri}, T_{Ai}, T_{Pi} \}_{i=1}^N = \{ (T_{R1}, T_{A1}, T_{P1}), (T_{R2}, T_{A2}, T_{P2}), \dots \}$. 该模型可模拟节点在现实中的任意移动场景、任意时刻 MO 的拓扑状态及其链路状态. 不失一般性, 每个 MN 具有和其他节点相同的概率分布特性.

2.2.1 二维概率密度函数的推导

研究表明^[9-10], MM 的二维概率密度函数 (PDF) $f_{XY}(x, y)$ 推导过程不能简单地由一维下的 PDF 进行叠加. 尽管二维运动可分解为两个一维运动 (X 轴和 Y 轴), 但它们是相关的而非独立的. 以往的研究^[11] 忽略其相关性而简单地由一维 PDF 相乘得到二维 PDF, 即 $f_{XY}(x, y) = f_X(x) \times f_Y(y)$, 这显然是不合理的. 由于我们研究的目标是 $f_{XY}(x, y)$, 因此本文没有考虑 MN 在 CMBM 中的一维 PDF, 而直接推导该模型二维 PDF.

假设 MN 的移动区域是半径 $R = 1$ 的单位圆, 表示为 $Re g(R)$. 由于暂停时间对网络的性能影响很小^[12], 可设其为 0. 为了简化计算, 令 MN 的速度 $v_{\max} = v_{\min} = v$, MN 在圆周上的移动方向始终为逆时针, 其直角坐标为 (X, Y) , $X, Y \in [-1, 1]$, 其渐进分布为 $f_{XY}(x, y)$. MN 在某个 Step 的起点为 $S(r_s, \theta_s)$, 目的点为 $D(r_d, \theta_d)$, 由于 S 和 D 在内服从均匀分布, 其 PDF 是 $f_S(D)(r, \theta) = 1 / (2\pi R)$, $0 \leq r \leq R, 0 \leq \theta < 2\pi$. 假设在 $Re g(R)$ 中取一个很小的圆 $Re g(r)$, 其半径为 r , 圆心的直角坐标为 (x, y) , 对应的极坐标为 (r, θ) . 于是, 将 $Re g(R)$ 分为 3 个区域: 圆域 Σ_1 表示为 $Re g(r)$ 、环域 Σ_2 表示为 $Re g(r - \delta, r + \delta)$ 、环域 Σ_3 表示为 $Re g(r + \delta, R)$. 如图 2 所示, 从 S 移动到 D 的过程中, 如果 MN 轨线穿过 $Re g(r)$ (分为 3 种情形: SLL 和 $Re g(r)$ 相交、 SAL 和 $Re g(r)$ 相交或二者均和 $Re g(r)$ 相交), 则 MN 穿过 $Re g(r)$ 的概率 $P(x, y, \delta) = P((x - \delta/2 < X < x + \delta/2) \cap (y - \delta/2 < Y < y + \delta/2))$, 即

$$P(x, y, \delta) = \int_{x - \delta/2}^{x + \delta/2} \int_{y - \delta/2}^{y + \delta/2} f_{XY}(x_0, y_0) dy_0 dx_0 \quad (1)$$

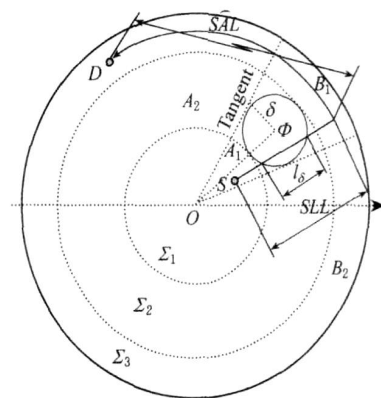


Fig. 2 Scenario for the course of the MN passing through $Re g(r)$ from point S to D .
图 2 MN 从 S 到 D 的移动过程中穿过 $Re g(r)$ 的情形

当 δ 足够小,就可把位于 δ 内的 $f_{XY}(x, y)$ 看做定值,那么 $P(x, y, \delta) = \int_{\delta} f_{XY}(x, y) dx$. 因此:

$$f_{XY}(x, y) = \lim_{\delta \rightarrow 0} [P(x, y, \delta) / \delta^2]. \quad (2)$$

如果用 l 表示 MN 穿过 δ 的长度, $E[l]$ 和 $E[SL]$ 分别表示 l 和步长 SL 的期望值,则 $P(x, y, \delta) = E[l] / E[SL]$, 其中的 $E[SL]$ 对于特定的 S 和 D 为定值,即 $E[SL] = E[SLL_i + SAL_i] = E[|r_S - r_D| + r_D \times |s - d|]$; 而 $E[l]$ 依赖于 δ 的大小、 δ 的圆心坐标、 S 和 D 的坐标,可用 $L(\delta, r, r_S, s, r_D, d)$ 表示 l 的函数. 显然, $E[l]$ 可以通过对 δ 区域中所有可能出现 S 点和 D 点的位置上的 $L(\delta, r, r_S, s, r_D, d)$ 进行积分求得:

$$E[l] = \int_S \int_D L(\delta, r, r_S, s, r_D, d) f_S(S) f_D(D) dD dS. \quad (3)$$

在式(3)中, $dD = r_D dr_D d\theta_D$, $dS = r_S dr_S d\theta_S$. 对于特定的 S 点,只需考虑在 SL 穿过 δ 区域情形下 D 所在区域的积分(即上式的内积分). 显然, D 所在的这些区域和 δ 的大小、圆心及 S 的坐标相关,用 (δ, r, r_S, s) 来表示 D 所在的区域. 得到:

$$\int_D L(\delta, r, r_S, s, r_D, d) dD = \int_{A_1} L(\delta, r, r_S, s, r_D, d) dD. \quad (4)$$

要计算 $L(\delta, r, r_S, s, r_D, d)$ 的精确表达式是十分困难的,为便于计算,采用文献[9]对 RWPM 模型类似的处理方法,设 $L(\delta, r, r_S, s, r_D, d) = \mu_1$, 常数 $\mu_1 > 0$. 所以:

$$\int_S \int_D L(\delta, r, r_S, s, r_D, d) dD = \mu_1 \int_S \int_{A_1} dD = \mu_1 \int_S (A_1 + A_2) dS. \quad (5)$$

将式(5)代入式(3)中:

$$E[l] = \mu_1 \int_S (A_1 + A_2) dS. \quad (6)$$

区域 (δ, r, r_S, s) 的面积除以整个移动区域 Ω 的面积(Ω)表示在起点为 S 的条件下 SL 穿过 δ 区域的概率. 因此,一个随机的 SL 穿过 δ 区域的概率可以通过对区域 Ω 内所有可能出现 S 的 (δ, r, r_S, s) 进行积分得到:

$$P_{SL}(x, y, \delta) = \int_{\Omega} L(\delta, r, r_S, s) dS / \Omega. \quad (7)$$

将式(6), (7)代入式(2)中,可得 $f_{XY}(x, y) = \mu \lim_{\delta \rightarrow 0} [P_{SL}(x, y, \delta) / \delta^2]$, $\mu = \mu_1 / E[SL] > 0$.

2.2.2 节点概率密度函数定理及其证明

通过上面对二维下基于圆周运动模型 PDF 计算公式的推导,不难证明下面的定理:

定理 1. 在 CMBM 中,如果 MN 的暂停时间为 0,速率为正常数,那么它在单位圆区域内的渐进 PDF 为 $f_{XY}(x, y) = \mu [(R^2 - x^2 - y^2) + 2(x - \arctan(y/x))^2 (2 + R^2 - x^2 - y^2)]$, 其中, $\mu = \sqrt{x^2 + y^2}$, $R=1, x \geq 0$, μ 为正常数.

证明. 由上节可知,欲求 $f_{XY}(x, y)$,需对 (δ, r, r_S, s) 积分,它依赖于点 S 和 δ 的圆心. 在给定 δ 的圆心下, S 点可能位于 δ 的不同区域(见图 2 所示),通过对不同的区域进行积分来求得 $f_{XY}(x, y)$. 下面分别考虑 S 和 D 位于所在的区域并采用极坐标积分法:

1) S 位于 δ_1 内, D 位于 δ_2 或 δ_3 内. S 的位置分为 S 位于 δ_1 圆的两条切线(tangent)所围成区域以内(A_1)和以外(A_2)两种情形:对于前者,又分为 D 位于 δ_2 (SLL 和 SAL 部分均和 δ_2 圆相交)和 δ_3 内(仅 SLL 和 δ_3 圆相交);对于后者,当 D 位于 δ_2 时,仅有 SAL 和 δ_2 圆相交,而 D 位于 δ_3 时, SL 不会和 δ_3 圆相交. 其中, $A_1 = R^2 - (r - s)^2$, $A_2 = s^2/2 + [(r + s)^2 - (r - s)^2](s - r)/2$.

$$\int_{A_1} L(\delta, r, r_S, s) dS = \int_{A_1} A_1 dS + \int_{A_2} A_2 dS = r(R^2 - r^2) + 2r^3(s - r)^3. \quad (8)$$

2) S 位于 δ_2 内, D 位于 δ_2 内,仅有 SAL 和 δ_2 圆相交. 其中, $A_2 = s^2/2 + 2r(s - r)$.

$$\int_{A_2} L(\delta, r, r_S, s) dS = \int_{A_2} A_2 dS = 4r(s - r)[s^2/2 - 2r + 2r(+ \arcsin(s/r))]. \quad (9)$$

3) S 位于 δ_3 内, D 位于 δ_1 或 δ_2 内. 由于 $r_S > r_D$,可分为 S 位于 δ_3 圆的两条 tangent 将 δ_3 分割成的区域 B_1 和 B_2 两种情况:当 S 位于 B_1 时,如果 D 位于 δ_1 ,仅有 SLL 和 δ_1 圆相交,而 D 位于 δ_2 时, SLL 和 SAL 部分均和 δ_2 圆相交;当 S 位于 B_2 时, D 只能位于 δ_2 内,才有可能出现在 δ_2 圆中,且仅有 SAL 部分和 δ_2 圆相交. 其中, $A_{1(2)} = (r + s)^2$, $A_2 = s^2/2 + 2r(s - r)$.

$$\int_S (r, r_s, r_s) dS = \int_S \frac{1}{r} dS + \int_S \frac{1}{r^2} dS = \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r^2} \right) [a^2 - (r + r_s)^2] \times [\frac{1}{r^2} - 2r + 2r(+ \arcsin(/r))]. \quad (10)$$

将式(8)~(10)相加并代入式(6),(7)中,再转换为直角坐标,定理得证.

2.2.3 概率密度函数的图形及其分析

根据上述,可得到图3所示的CMBM的节点PDF图形:

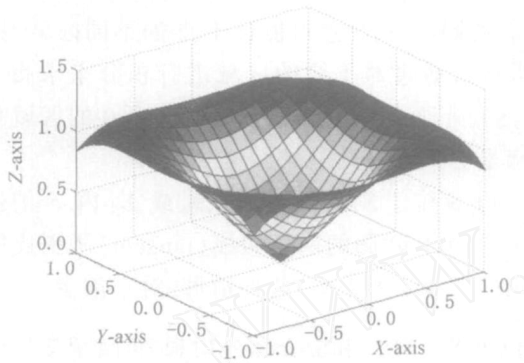


Fig. 3 The PDF of MN in CMBM.
图3 CMBM模型MN的PDF图

由图3可见,CMBM节点PDF在移动区域较大半径的圆周上明显高于较小半径的圆周,而在中心区域PDF趋于0.另外,在图形的4个角明显产生变形.其原因在于:为了降低计算复杂性,我们假设MN在整个移动区域的移动速率不变,当半径越大,圆周的周长就越大.这样,S点在半径较大的圆周上选择D点的概率就越大;MN在S点随机选择D点时,在相同的 r_D 条件下, r_D 越大,MN从S移动到D点就需要更长的时间(即MN在较大 r_D 圆周上出现的时间更长);仅考虑了MN在圆周上沿逆时针方向移动到目的点,未考虑顺时针方向;

由于MN的运动区域为单位圆,因此模型PDF图形在正方形4个角处超出了移动区域的范围,而不予考虑.

由上述可知,在一定的时间(Step数)内,MM并没有近似地服从均匀分布.为此,要对MN的速率、在圆周移动期间移动方向进行合理的修正:在第*i*个Step中,MN从起点 (r_{i-1}, θ_{i-1}) 处以 $v_i = r_i v_0$ 移动到目的点 (r_i, θ_i) , v_0 为正常数.MN从起点移动到终点过程中,在 r_i 圆周上的运行时间和 r_i 的大小无关: $T_{Ai} = | \theta_i - \theta_{i-1} | \times r_i / r_i v_0 = | \theta_i - \theta_{i-1} | / v_0$.移动方向可随机选择顺时针和逆

时针,使MN在移动区域的分布趋于均匀.

2.3 节点概率分布的仿真验证

为了验证CMBM,我们采用VC6和Matlab6.5仿真工具进行仿真实验,其仿真方法和结果如下:

将移动区域(单位圆)划分为边长为0.1的正方形网格状;初始化(任意指定)MN起点 (r_0, θ_0) ,利用随机发生器随机地产生MN的终点 (r_1, θ_1) 以及圆周上的移动方向(顺时针或逆时针),开始进行移动;

对每个网格设置一个计数器,每当MN经过一个网格时,该网格的计数器自动加1.这样,经过 10^7 个Step后,得到MN在移动区域所有网格内出现的次数;最后画出MN移动区域中所有网格计数的分布图,如图4所示:

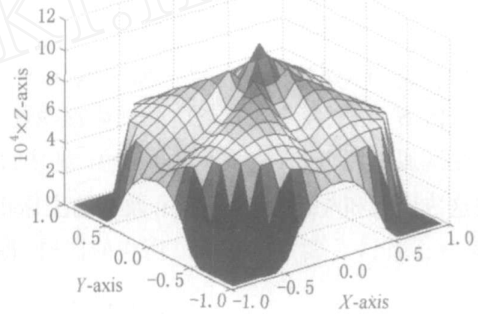


Fig. 4 Simulation of the MN's PDF for CMBM.
图4 CMBM模型MN分布的仿真图

在图4的四周区域,MN出现的次数明显少于中间区域,这是因为在对圆的边沿进行网格划分时出现不完整的网格.而在中心区域,MN的出现次数最高,当 $r \rightarrow 0$ 时,速度 $r v_0 \rightarrow 0$,MN会产生轻微的“粘滞”;但这不同于以往模型的“粘滞”,由上节可知,在不同半径的圆周上,MN运行时间的极限趋于特定的常数.因此,相对于常用的RWPM模型^[4]来说,CMBM模型的MN空间概率分布具有良好的均匀分布特性.

3 总 结

本文提出了CMBM自组网移动模型,并给出了CMBM节点的二维概率密度函数的精确公式.理论研究和仿真实验表明,该模型具有如下特点:利用中心节点的中继,增强了全局网络的连通性;通过参数的设置,可以达到对网络的拓扑进行控制,从而更能直观地反映自组网的动态特性和模型参数之间的关系;无需很长的预热时间就能很快达到稳态;

弥补了现有自组网 MM 节点分布不均匀等缺陷。总之, CMBM 模型为自组网相关的研究(如网络的连通性、网络的性能和链路性能及其分布等)提供了精确的理论模型。

参 考 文 献

- [1] G Lin, G Noubir, R Rajaraman. Mobility models for ad hoc network simulation [C]. IEEE Information Communications Conference, Hong Kong, 2004
- [2] T Camp, J Boleng, V Davies. A survey of mobility models for ad hoc network research [J]. Wireless Communication & Mobile Computing, Special Issue on Mobile Ad Hoc Networking: Research, Trends and Applications, 2002, 2(5): 483-502
- [3] Qunwei Zhang, Xiaoyan Hong, Sibabrate Ray. Recent advances in mobility modeling for mobile ad hoc network research [C]. In: Proc of the 42nd Annual Southeast Regional Conference. New York: ACM Press, 2004. 70-75
- [4] Christian Bettstetter, Giovanni Resta, Paolo Santi. The node distribution of the random Waypoint mobility model for wireless ad hoc network [J]. IEEE Trans on Mobile Computing, 2003, 2(3): 257-269
- [5] J Yoon, M Liu, B Noble. Random Waypoint considered harmful [C]. In: Proc of IEEE INFOCOM2003. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2003. 1312-1321
- [6] A Jardosh, E M Belding-Royer, K C Almeroth, et al. Towards realistic mobility models for mobile ad hoc networks [C]. In: Proc of the 9th Annual Int'l Conf on Mobile Computing and Networking. New York: ACM Press, 2003. 217-229
- [7] J Yoon, M Liu, B Noble. Sound mobility models [C]. In: Proc of the 9th Annual Int'l Conf on Mobile Computing and Networking. New York: ACM Press, 2003. 205-216
- [8] T Lin, S F Midkiff. Mobility versus link stability in simulation of mobile ad hoc networks [C]. Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulation Conference, Orlando, FL, 2003
- [9] E Hyttiä, P Lassila, J Virtamo. Spatial node distribution of the random Waypoint mobility model with applications [J]. IEEE Trans on Mobile Computing, 2006, 5(6): 680-694
- [10] Shi Rui, Yang Xiaozong. Research on the node spatial probabilistic distribution of the random Waypoint mobility model for ad hoc network [J]. Journal of Computer Research and Development, 2005, 42(12): 2056-2062 (in Chinese)
(时锐, 杨孝宗. 自组网 Random Waypoint 移动模型点空间概率分布的研究[J]. 计算机研究与发展, 2005, 42(12): 2056-2062)
- [11] J Boudec, J-Y L Boudec, M Vojnovic. Perfect simulation and stationarity of a class of mobility models [C]. In: Proc of IEEE Information Communications Conference. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2005. 2743-2754
- [12] Wang Hongyuan, Ren Xiongwei. Performance analysis of dynamic topology in ad hoc networks [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology (Nature Science), 2005, 33(7): 23-25 (in Chinese)
(王宏远, 任雄伟. 自组网中动态拓扑的性能分析[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(7): 23-25)



Wang Wei, born in 1969. Ph. D. candidate in the School of Computers, Northwestern Polytechnical University. His current research interests include computer network, network tomography, and ad hoc network.

王 伟, 1969 年生, 博士研究生, 主要研究方向为计算机网络、网络测量和无线自组网。



Cai Wandong, born in 1955. Professor and Ph. D. supervisor in the School of Computer Science, Northwestern Polytechnical University. His main research interests include computer network, network performance evaluation, and network information security.

蔡皖东, 1955 年生, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为计算机网络、网络性能评估、网络信息安全与对抗。



Wang Beizhan, born in 1965. Doctor and associate professor in the Software School of Xiamen University. His main research interests include software architecture, data warehouse, and network performance evaluation.

王备战, 1965 年生, 博士, 副教授, 主要研究方向为软件体系结构、数据仓库、网络性能评估。



Li Yongjun, born in 1973. Ph. D. candidate in the School of Computer Science, Northwestern Polytechnical University. His current research interests include computer network, network tomography, and sensor network.

李勇军, 1973 年生, 博士研究生, 主要研究方向为计算机网络、网络断层扫描、传感器网络。



Tian Guangli, born in 1980. Ph. D. candidate in the School of Computer Science, Northwestern Polytechnical University. His current research interests include computer network, network tomography, and ad hoc network.

田广利, 1980 年生, 博士研究生, 主要研究方向为计算机网络、网络断层扫描、无线自组网。

Research Background

The mobility model designed to describe the movement pattern of mobile users is extremely important for ad hoc network in the measurements of routing protocol performance and QoS parameters. It is desirable for mobility models to emulate the movement pattern of targeted real life applications in a reasonable way. Otherwise, the observations made and the conclusions drawn from the simulation studies may be misleading. However, the majority of existing mobility models have several drawbacks in common, e. g. unrealistic movement scenarios, non-uniform distribution, low connectivity, etc. In this paper, a novel mobile model based on circle movement is proposed and the space probability distribution of this mobile model is investigated. By the analyses of the probability and average length of the events that contribute to the node space distribution, the exact equation of the node asymptotically stationary distribution for movement is derived on a 2D region. Given a deep understanding of the behavior of this new model, the research results are of practical value and provide exact theoretical model for simulation and evaluation of ad hoc network performance. Our work is supported by the Natural Science Foundation of Fujian Province of China (No. 2006J0222).

2007 中国计算机大会征文通知

2007 China National Computer Conference (CNCC 2007)

2007 年 10 月 18 ~ 20 日, 苏州

<http://ccf.org.cn/cncc2007>

主办:中国计算机学会

苏州市人民政府

承办:苏州市科学技术协会

2007 中国计算机大会(2007 China National Computer Conference, CNCC 2007) 将于 2007 年 10 月 18 日至 20 日在苏州举行. 它将为我国计算机界提供一个交流最新研究成果的舞台. CNCC 2007 是继 CNCC2003, CNCC2005 和 CNCC2006 之后的中国计算机界又一次盛会.

CNCC 2007 的议题涉及计算机领域各个方面. 本次大会将安排大会特邀报告、专题报告、企业专题论坛和热点问题讨论, 同时将举办有关 IT 技术的展览.

征稿范围

CNCC 2007 诚请广大计算机界研究人员、技术人员以及其他相关人士投稿. 会议的议题主要包括(但不限于此):

- | | | | |
|-----------|------------|----------|------------|
| · 高性能计算机 | · 高性能计算机评测 | · 传感器网络 | · 嵌入式系统 |
| · 对等计算 | · 生物信息学 | · 网格计算 | · 网络存储系统 |
| · 编译系统 | · 虚拟现实 | · 多核处理器 | · 人工智能 |
| · 理论计算机科学 | · 软件工程 | · 多媒体技术 | · 信息安全技术 |
| · 普适计算 | · 数据库技术 | · 搜索引擎技术 | · 图形学与人机交互 |
| · 中文处理 | · 互连网络 | · 模式识别 | · 计算机应用技术 |

投稿须知

作者投往本届大会的稿件必须是原始的、未发表的研究成果、研究经验或工作突破性进展报告. 稿件须以中文撰写, 以 word 文件格式提交. 所有稿件将依据统一的原则进行审理, 大会根据稿件的审理结果决定稿件是否录用. 所有录用稿件将收录在本届大会论文集中. 此外, 本届大会的优秀稿件将推荐在《计算机学报》、《软件学报》、《计算机研究与发展》上发表.

展览

本届大会将举办一系列展览, 欢迎海内外企业、出版社、高校和研究所来参展. 参展主题不限, 可以是企业产品、出版物、高校和研究所研究成果以及组织形象等.

重要日期

征稿截止:2007 年 7 月 30 日

论文处理结果通知:2007 年 8 月 30 日