

Application of Genetic Algorithm in Cellular Network Reliability of Dead Spots Communication

Ying Zhang¹, Miao Li², Fengjun Wang²

¹School of Science

²School of Information Science and Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110178, China
zhangying2005@126.com

Abstract: "Dead spot" is found in the cellular network wireless remote area which is used in communication networks and areas where the signal is difficult to achieve. For improving cellular network reliability of communication in the "Dead spot", in the introduction of cellular wireless Ad Hoc networks can effectively reduce the "Dead spot", base on consideration of mobile node dynamic structure changes in the specific location in cellular network, moving velocity and adjacent to the correlation factors such as the mobile node, establish a "Dead spot" communication optimization model reliability, using optimization algorithm, and simulation results show this method is feasible and effective.

Keywords: Ad Hoc net; Reliability; academic conference; dead spot

遗传算法在蜂窝网盲区中通信可靠性的应用

张颖¹, 李淼², 王凤君²

沈阳工业大学, 沈阳, 中国, 110023

zhangying2005@126.com

摘要: 盲区存在于无线蜂窝网的边缘地区及信号难以达到的领域。针对改善蜂窝网中盲区通信的可靠性, 在无线蜂窝网中引入 Ad Hoc 网络, 可以有效地减少盲区的存在, 在考虑移动节点在无线蜂窝网中的具体位置, 移动速度及与其相邻的移动节点相关联等因素时的节点动态结构的变化的基础上, 建立了无线蜂窝网中盲区通信可靠性的数学模型, 并用优化算法进行仿真, 从而验证仿真结果是可行有效的。

关键词: Ad Hoc 网络; 蜂窝网; 可靠性; 盲区

1 引言

蜂窝网^[1]主要由移动台、基站和骨干网组成。移动台是指无线网络的终端设备; 基站是指在与移动终端之间进行信息传递的无线电收发信设备。无线蜂窝网络可以通过固定设备基站的转发, 使移动节点之间的通信得到更好的保证。

移动 Ad Hoc 网络^[2,3]是一组带有无线收发装置的移动终端组成的一个多跳临时性自治系统, 移动终端具有路由功能, 可以通过无线连接构成任意的网络拓扑, 这种网络可以独立工作, 也可以与 Internet 或蜂窝无线网络连接。又被称为多跳无线网、自组织网络、无固定设施的网络或对等网络。

由于蜂窝网在进行信息传输过程, 总会存在一些使

资助信息: 辽宁省科技计划项目(2009216014); 沈阳市科技计划项目(1091177-1-00)

得当前蜂窝网络的基站信号难以覆盖的地方, 导致该地区无法进行通信, 这样的地方称为盲区(dead spot)^[4]。一般来说, 盲区存在于地铁站台、室内环境和地下室等比较隐蔽的地方。由于蜂窝网和 Ad Hoc 网络被认为是互补的网络, 所以, Ad Hoc 网可以提供蜂窝网在盲区内难以提供的服务。

2 动态监测点模型

蜂窝网的基站与移动节点之间进行通信时, 由于节点之间是相互独立互不干扰的, 只接收基站发射的信息, 这样的通信叫做单点通信。

由于单点通信过程中, 会有移动节点逐渐进入“盲区”。进入“盲区”的移动节点可以获得中继节点的范围为自身的 Ad Hoc 网络的接口信号覆盖和“盲区”外可以与基站直接通信范围的交集, 被称为中继区域^[5]。通过

中继区域可以使“盲区”内的移动节点与“盲区”外的移动节点进行正常通信。

2.1 假设条件

建立模型前，对 Ad Hoc 网中的移动节点有如下几条假设条件：

- (1) 移动节点在蜂窝网中是均匀分布的；
- (2) 在 t_0 时刻时盲区内没有移动节点；
- (3) 移动节点之间是相互独立的；
- (4) 在单点进入“盲区”内接受信号的过程中移动节点的运动规律不变（速度，方向）。

2.2 符号说明

$$x_{ij} \text{ 为决策变量, } x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{节点i与节点j有路径;} \\ 0 & \text{节点i与节点j无路径} \end{cases}$$

P_0 为蜂窝网基站的发射功率； P_1 为移动节点接受功率； d_1 为移动节点中与基站的距离； $R_{\text{蜂窝}}$ 为蜂窝网的半径； r 为移动节点所能覆盖信号的范围； x 为盲区边缘上的移动节点； μ 为衰落因子，当移动节点不在盲区内时，衰落因子取 0.5，当移动节点在盲区内时，衰落因子取 1.5。

2.3 模型建立

由于 Ad Hoc 网络中的节点是移动的，所以要找到能够与死区内节点通信的节点就必须考虑到每个节点的移动方向和速度。当有移动节点进入到盲区时，基站开始监测，计算进入盲区中的节点的信号量衰减到一定阈值 $^{[6]}P_1$ 时所需的时间 t_x ，在时间 t_x 内，计算剩下其余节点与盲区中的节点相遇的时间 t ，见式(2)所示。

$$P_1 = \left(\frac{R_{\text{蜂窝}}}{R_{\text{蜂窝}} - d_1} \right)^{-\mu} P_0 \quad (1)$$

$$t = \frac{d_{xj} - r}{\vec{v}_j - \vec{v}_x} \quad (2)$$

其中 $\vec{v}_x = v_x \cos[\alpha_x - \beta]$ ， $\vec{v}_j = v_j \cos[\alpha_j - \beta]$ ，

$$\beta = \arctan \frac{y_j - y_x}{x_x - x_j}$$

找到一个时间最短的点，即 $t_0 \leq t$ ，计算每个节点在时间 t_0 时的坐标位置，找到一个从基站到盲区中的节点的一个最佳路径。则 t_0 表达式见式(3)所示。

$$t_0 = \frac{d'_x - d_x}{v_x} \quad (3)$$

其中， $x'_i = x_i \pm v_i \cos \alpha_i \cdot t$ ， $y'_i = y_i \pm v_i \sin \alpha_i \cdot t$ 。

去除不满足条件的点的过程如下：首先，以基站为中心，分别做出垂直和水平的两条直线，在两条直线与蜂窝网边缘未成的区域内找点；其次，按照距离去除点，以盲区中心点为基准，离盲区近的点的水平速度 $v_m \cos \alpha_m$ 与离盲区远的点的水平速度 $v_n \cos \alpha_n$ 的关系为 $v_m \cos \alpha_m \leq v_n \cos \alpha_n$ ，找出满足条件的点，去除不满足条件的点。

假设在蜂窝网的覆盖范围内有 N 个具有中继能力的移动节点，若在蜂窝网内服从均匀分布，则在盲区内移动节点在中继区域内可以发现。把蜂窝网中的移动节点看作是图，则对于图 $G(V, E)$ 中， $\forall v(k) \in V, e(i, j) \in E$ 。

由上述描述建立模型如下所示：

$$\max R(X) = 1 - \prod_{i=1}^m \left(1 - \prod_{j=1}^{n_j} J(k) Q(i, j) \right)$$

$$s.t. J(k) \geq \beta_2$$

$$x_{ij} \cdot Q(i, j) \geq \beta_1 \quad (x_{ij} \neq 0)$$

其中， $Q(i, j) = P_1 / P_0$ ， $J(k)$ 为移动节点的可靠性， $Q(i, j)$ 为弧 $e(i, j)$ 的可靠性。目标函数采用节点与链路混联的可靠性最大进行求解。

3 算法实现

3.1 遗传算法介绍

遗传算法^[7] (genetic algorithms, 简称 GA) 是一种基于生物自然选择和基因遗传学原理的优化搜索方法；是模拟达尔文的自然选择学说和自然界的生物进化过程的一种计算模型。采用简单的编码技术来表示各种复杂的结构，并通过一组编码表示进行简单的遗传操作和优胜劣汰的自然选择来指导学习和确定搜索的方向。

遗传算法的操作对象是一群二进制串（称为染色体、个体），即种群。这里每一个染色体都对应问题的一个解。初始种群，采用基于适值比例的选择策略在当前种群中选择个体，使用交叉和变异来产生下一代种

群。如此模仿生命的进化一代演化下去，直到满足期望的终止条件为止。

遗传算法具有较好的收敛性且收敛速度快的特点。一般应用于在一个问题的解集中查找最优解情况。

3.2 遗传算法步骤与流程

在本文中遗传算法(GA)的步骤如下所述：

- (1) 初始化。设置优化算法的各个参数的取值；
- (2) 生成初始种群。随机产生满足约束条件的初始种群，并得到种群中目标函数值最大的 X 赋给 X_{max} ，令 $g = 1$ ；
- (3) 若 $g < G_{max}$ ，按适值评估种群中的每个个体，并令 $count = 0$ ，否则运行结束，输出结果。
- (4) 若 $count < P_{size}$ ，赌轮盘法选择两个个体，按交叉率和变异率进行交叉和变异操作，否则转(6)；
- (5) 判断产生的新个体是否满足约束条件，若满足， $count++$ ，转(4)；
- (6) 将中间种群中最大的 X 值与 X_{max} 进行比较，若 X 大，将该值赋给 X_{max} ，否则 X_{max} 不变；
- (7) 将中间种群与旧种群中的个体按适值从大到小排序，取前 P_{size} 个个体形成新种群， $g++$ ，转(2)。

4 仿真实例

初始移动节点是随机产生的，并且在蜂窝网中是均匀分布的。设蜂窝网半径为 $250m$ 的一个圆域，其中盲区是半径为 $50m$ 的圆，移动节点的信号覆盖半径为 $10m$ 。在蜂窝网中均匀分布30个移动节点，假设 $t = 0$ 时有移动节点 x 在盲区边缘向盲区内部移动，在移动节点 x 信号衰减到0的时间过程中，找到能够使得与 x 进行通信的移动节点在 x 的中继区内，并找出一条可靠性最大的路径。

首先在蜂窝网中随机取点： $x, x_1, x_2, \dots, x_{20}$ ，其中 x 为进入盲区的通信点，并且所有的点已知坐标、速度及移动方向。通过筛选，选出满足条件的点为 x_2 、 x_3 、 x_7 、 x_{12} 、 x_{16} 和边缘点 x 。速度和方向分别为 $v_x = 2m/s, \alpha_x = 30^\circ$ ， $v_{x_2} = 3m/s, \alpha_{x_2} = 5^\circ$ ， $v_{x_3} = 2m/s, \alpha_{x_3} = 15^\circ$ ， $v_{x_7} = 3.5m/s, \alpha_{x_7} = 20^\circ$ ， $v_{x_{12}} = 5m/s, \alpha_{x_{12}} = 45^\circ$ ， $v_{x_{16}} = 7m/s, \alpha_{x_{16}} = 45^\circ$ 。假设每个点的可靠性为0.9。满足条件的移动节点在蜂窝网中的初始分布情况如图1所示。

当移动节点 x 的信号衰减到0的时间为 $t = 17.0963s$ 。因此，在 t 时间内找到最优通信路径。在时间 $t = 3.403312s$ 时移动节点在蜂窝网中的分布

情况如图2所示，点 x_2 开始进入中继区。在时间 $t = 7.508212s$ 时得到移动节点在蜂窝网中的分布情况如图3所示，点 x_3 开始进入中继区，此时中继区内有两个点可以为点 x 传输信号。

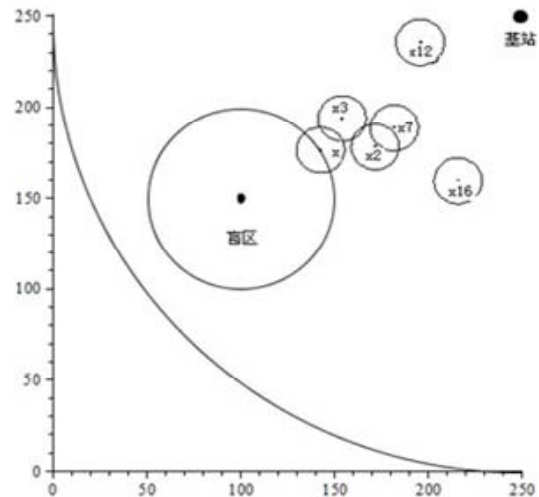


Figure.1 The position of the effective mobile node in $t=0$

图1 有效的移动节点在 $t=0$ 时刻点的位置

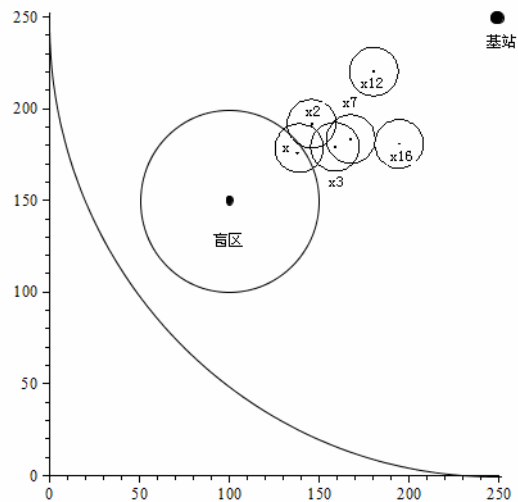


Figure.2 The position of the effective mobile node in $t=3.403312s$

图2 有效的移动节点在 $t=3.403312s$ 时刻点的位置

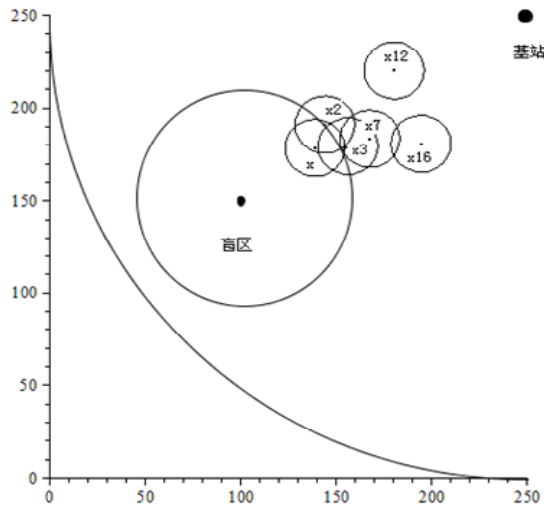


Figure.3 The position of the effective mobile node in $t=7.508212s$
图3 有效的移动节点在 $t=7.508212s$ 时刻点的位置

采用0-1编码的GA (Genetic Algorithm) [6]进行仿真, 算法各参数的取值如表1所示。

Table.1 Various parameters about GA
表1 GA的各个参数

种群规模 P_{size}	世代数 G_{max}	交叉率 P_c	变异率 P_m
50	100	0.4	0.002

通过GA进行仿真, 得到在时间 $t = 3.403312s$ 和 $t = 7.508212s$ 时满足条件的移动节点的路径及可靠性如表2所示:

Table.2 Relation of time and reliability
表2 时间与可靠性的关系

时间 (s)	可靠性 (P)	路径
3.403312	0.95332	111110010110100100010
7.508212	0.9799	101100000111011011100

蜂窝网中存在盲区, 若无Ad Hoc网络进行对盲区的信号覆盖, 则移动节点进入盲区时信号将会不断衰减且到0, 如图4所示。若采用Ad Hoc网络对蜂窝网的盲区进行互补, 则将进入盲区的移动节点将会在一定时间内搜索到通讯信号。移动节点移动的时间与信号覆盖的关系如图5所示。

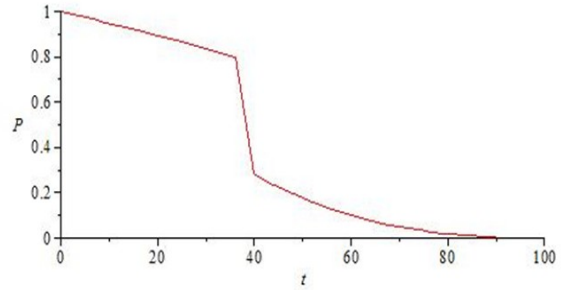


Figure.4 The communication of mobile node not lead up Ad Hoc net
图4 没有引入Ad Hoc网络移动节点的通信

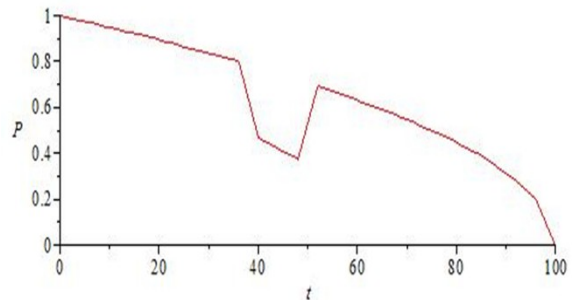


Figure.5 The communication of mobile node lead up Ad Hoc net
图5 引入Ad Hoc网络移动节点的通信

5 结束语

本文提出了解决蜂窝网中盲区的信息传输问题, 引入与蜂窝网互补的Ad Hoc网络动态监测点的方法进行研究。运用遗传算法进行仿真求解, 得到了单点通信的不同时刻的整个网络的可靠性, 具有一定的实际应用价值。

致谢

本课题在选题及研究过程中得到张颖老师的亲切关怀和悉心指导下完成的。从课题的选择到项目的最终完成, 张颖老师都始终给予我细心的指导和不懈的支持。在此谨向老师致以诚挚的谢意和崇高的敬意。

References (参考文献)

- [1] ZHANG Yan. Study of the Convergence of Cellular and Ad hoc networks[D].Shanghai : Shanghai jiao tong University,2008. 张燕.蜂窝网和自组织网络融合技术的研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [2] LU Wei-feng, WU Meng. Performance analysis of integrated cellular and ad hoc networks system in the dead spots[J]. Journal on Communications. 2007, 28(7): 70-79. 鲁蔚锋, 吴蒙.盲区环境下集成移动蜂窝和 ad hoc 网络的系统性能分析[J].通信学报, 2007, 28(7): 70-79.
- [3] IETF Working Group Charter. Mobile Ad-hoc network (MANET) [EB/OL].2002.

- <http://www.ietf.org/html.charters/manetcharter.html>.
- [4] Scott Corson, Joseph Macker, Mobile Ad hoc networking (MANET): Routing protocol performance issues and evaluation considerations [Z]. RFC2501, 1999.
- [5] JAIN S, DAS S R. Exploiting path diversity in the link layer in wireless ad hoc networks[J]. Proc. 6th IEEE Int. Symp. on a World of Wireless Mobile and Multimedia Networks, 2005:22-30.
- [6] MICHALOPOULOS D S, KARAGINNIDIS G K, TSIFTIS TA, et al. An optimized user selection method for cooperative diversity systems[J]. IEEE Global Telecommunications Conference, 2006: 27(1):1-6.
- [7] ZHANG Ying, LIU Yan-qiu. Soft Computing Method [M]. Beijing: science publishing house. 2002.
张颖, 刘艳秋. 软计算方法[M]. 北京: 科学出版社. 2002.