

MANET 中基于遗传算法的 QoS 多播路由协议

杨 鹏

YANG Peng

重庆文理学院 数学与计算机科学系,重庆 402160

Department of Maths. and Computer Science,Chongqing University of Arts and Science,Chongqing 402160,China

E-mail:llylab@21cn.com

YANG Peng.QoS multicast routing protocol based on genetic algorithm for MANET.Computer Engineering and Applications,2008,44(5):140-142.

Abstract: With the rapid popularization of multimedia service,how to guarantee QoS of multicast routing for MANET has become hot issue.A QoS multicast routing protocol with bandwidth and delay constraint was proposed in this paper.It utilizes genetic algorithm to search optimized multicast tree which satisfies the QoS request.The simulation results show that the protocol has fast convergence and high routing searching ratio.It provides an available approach for multicast communication with QoS guarantee in mobile networks.

Key words: mobile Ad Hoc networks(MANET);QoS;multicast routing;genetic algorithm

摘 要:随着多媒体业务的普及,如何为 MANET 多播路由提供 QoS 保障成为研究热点。提出了一种带宽和时延受限的 QoS 多播路由协议,它利用遗传算法搜索满足 QoS 要求的最优多播树。仿真结果表明该协议收敛速度快,寻径成功率高,它为移动网络中具有 QoS 保障的多播通信提供了一种有效途径。

关键词:移动 Ad Hoc 网络;QoS;多播路由;遗传算法

文章编号:1002-8331(2008)05-0140-03 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP393

1 引言

移动 Ad hoc 网络(MANET,Mobile Ad hoc Networks)是由一组带有无线通信收发装置的移动终端节点组成的一个多跳、临时、无中心网络,可以在任何时候、任何地点快速构建,广泛应用于军事指挥、抢险救灾、科学考察与探险等需要临时建立通信网络的场合。随着移动 Ad Hoc 网络应用领域的日益扩大以及多媒体业务的不断增加,如何在 Ad hoc 网络中实现 QoS 多播路由已经成为网络领域的重要课题。QoS 多播路由一般指依靠与网络相关的精确参数来寻找满足一组 QoS 要求的多播树,从而最大限度地利用网络中的可用资源。然而当网络规模较大以及对实时要求较高时寻找这样的多播树需要极大的代价,有时甚至不可行^[1-3]。

遗传算法是一种全局优化算法,它借用了生物遗传学的观点,通过自然选择、遗传、变异等作用机制,实现各个个体的适应性的提高,被广泛应用到搜索最优解问题^[4]。于是,许多学者建立了相应网络模型,通过简单有效的编码,利用遗传算法来解决参数不确定、通信量动态变化、实时要求高的网络环境下 QoS 多播路由问题^[5-10]。本文在对遗传算法研究基础上,提出了一种适合移动 Ad hoc 网络的 QoS 多播路由协议,该协议具有收敛速度快、寻径成功率高等优点。

2 网络模型

将 Ad hoc 网络表示成一个加权图 $G(V,E)^{[11]}$, V 为网络中的节点集, E 为节点之间相连的链路集。 V 和 E 将随节点的移动、加入和离开而变化。每个节点拥有一个唯一标识以及至少一个发送者和接收者。假设每个节点的有效传输距离相等,如果两个节点在彼此传输范围内,则称它们互为邻节点且之间有一条链路。每个节点周期性发送一个包进行确认从而任一节点 i 能获得其邻节点集 V_i 。相邻节点共享相同的无线介质,通过局部广播来传输消息。假设有 MAC 协议支持,从而解决介质争用,支持资源预留,保证在局部广播范围内的邻节点中只有特定的接收者保留消息,其它的邻节点则丢弃消息。

对于所有链路 $l=(i,j) \in E$, l 的时延、带宽和代价可分别表示为 $d(i,j)$ 、 $b(i,j)$ 和 $c(i,j)$ 。对于任意给定的源节点 s 和目的节点 v ,令 $P(s,v)$ 表示图 G 中从节点 s 到 v 的一条可行路径,

$P(s,v)$ 的时延 $DelayP(s,v) = \sum_{(i,j) \in P(s,v)} d(i,j)$, 可用带宽 $BandwidthP(s,v) = \min \{b(i,j) | (i,j) \in P(s,v)\}$, 代价 $CostP(s,v) =$

$$\sum_{(i,j) \in P(s,v)} c(i,j)$$

基金项目:重庆市教育委员会科学技术研究项目(the Scientific Research Project of Chongqing Municipal Education Commission under Grant No. KJ071203);重庆文理学院重点科研基金项目(the Key Research Project of Chongqing University of Arts & Sciences under Grant No.Z2006SJ30)。

作者简介:杨鹏(1976-),男,讲师,主要研究领域为高性能网络技术与路由协议。

收稿日期:2007-06-04 **修回日期:**2007-07-31

那么, 给定源节点 s , 目的节点集 v 以及时延和带宽要求 D_{\max} 与 B_{\min} , QoS 多播路由优化问题就是要找到多播树 T (T 是 G 的子图), T 应满足以下条件:

$$\text{Delay}T(s, v) \leq D_{\max} \quad (1)$$

$$\text{Bandwidth}T(s, v) \geq B_{\min} \quad (2)$$

要实现的优化目标是使得 $\text{Cost}T(s, v)$ 尽量小。

3 QoS 多播路由协议

3.1 路径集的发现过程

当连接请求到达源节点时, 由源节点启动路由探测过程, 它向相邻节点(与相邻节点的链路应满足最小带宽要求)发送路由探测报文 RREQ, RREQ 报文包括源节点与目的节点序号, 跳数, 带宽及时延要求。中间节点在收到 RREQ 报文后, 按照以下步骤处理:

(1) 若此节点不是目的节点, 转步骤(2); 否则, 产生 RREP 报文;

(2) 此请求报文已经收到过, 节点将删除此报文, 不作其它操作; 否则转步骤(3);

(3) 向除反向链路外的所有满足带宽要求的链路转发 RREQ 报文, 并设置计时器等待路由确认报文 RREP, 转步骤(1); 否则转步骤(4);

(4) 向反向链路发送 RREP 报文。

RREP 报文包含了源节点到相应中间节点和目的节点的所有路由信息, 它在被转发到源节点的过程中, 总是向接收序号最小的反向链路上传送, 并且沿着该路径预留资源。当 RREP 报文到达源节点后, 源节点根据规定时间内接收到的 RREP 报文提取出拓扑信息, 然后构建出一个带权有向子图 G' , G' 中所有链路都满足多播最小带宽的要求。当源节点构建好子图 G' 后, 计算在满足时延要求下源节点达到各个目的节点的可能路径集, 最后利用遗传算法构造出最优多播树, 并沿着该多播树进行多播通信。

由于网络拓扑和链路状态是不断改变的, 当路由确认报文 RREP 到达某个中间节点时可能当前节点已经没有足够的资源, 在这种情况下, 当前节点向其后续节点发送出错报文 FAILURE 直到目的节点并沿途释放资源。为了防止消息在链路断掉时丢失, 可以使用超时重传机制。

3.2 遗传算法

3.2.1 编码方式

对于本文研究的问题, 遗传算法的染色体由一组整数队列组成, 编码方法是基于对路径的表示, 这是一种最简单的表示方法。给定一个源节点 s_0 和目的节点集 $D=\{d_1, d_2, \dots, d_m\}$, 染色体可以表示为长度为 m 的一组整数队列, 而基因表示为 s_0 到 d_i 之间的路径集 $\{P_i^1, \dots, P_i^j, \dots, P_i^l\}$ 中的一条路径。其中, P_i^j 是到目的节点 d_i 的第 j 条路径, l 表示 s_0 到 d_i 之间的路径数。显然, 染色体表示了源节点到任意一个目的节点间的路径。于是, 种群中每一个染色体就表示了一棵多播树。由于节点 s_0 和 d_i 之间可能存在多条路径, 所以当网络规模较大以及目的节点较多时, 染色体的编码空间可能变得很大, 这样会减慢算法的收敛

时间。对于每个目的节点 $d \in D$, 按照 3.1 所述, 可以找到源节点到目的节点 $d \in D$ 的所有满足带宽要求的路由, 这样能够压缩编码空间。这些路径集合将作为遗传算法潜在的解。假设 D_i 是满足带宽要求的一组目的节点 d_i 的集合, 则 $D_i = \{P_i^1, \dots, P_i^j, \dots, P_i^l\}$, $k \leq l$, 其中 P_i^j 表示满足到目的节点 d_i 带宽要求的第 j 条路径。分别从每条路径集合 D_i 中任意选择一条路由, 就可以组成染色体的初始种群。

3.2.2 适度优化函数

在进化搜索中遗传算法很少使用外部信息, 而是使用适度函数作为依据, 利用种群中每个个体的值来进行搜索。因此, 适度函数直接影响遗传算法的收敛速度以及是否能找到全局最优解。染色体的适度值就是染色体所表示的潜在解(在本文就是指多播树)的适度函数值。给定一个初始种群 $H = \{h_1, h_2, \dots, h_p\}$, 每个染色体的适度性可以按以下方法计算。设 $C(h_i)$ 是染色体 h_i 所表示的多播树中链路代价的和, $C(L)$ 为网络中所有链路代价的总和, 染色体 h_i 的适度值 $F(h_i) = 1 - C(h_i)/C(L)$, $0 \leq F(h_i) < 1$ 。

3.2.3 遗传操作

选择操作用于确定和杂交个体, 使之能产生子代。选择操作有 2 步: 首先, 计算适度值; 接着, 将它们从大到小排序, 即 $F(h_1) > F(h_2) > \dots > F(h_p)$ 。然后, 适度值最大的个体被认为是最优的个体, 将它作为父个体。每个个体被选择的几率与它们的适度值相对应, 个体适度值越大被选择的几率就越高。如果有相同染色体, 只留下一个, 将多余的删除。

算法在执行时, 每次迭代都得到一组非支配点, 它们的适度值即表示本次迭代的 Pareto 最优解。杂交和变异的操作必须保证这些操作不会产生任何非法路径。

杂交和变异操作都可以在已存在路径的末尾进行。对于那些可能的杂交点和变异点给它们相等的几率, 我们随机的选择这样一个点。在选择一个特定点后交换两个连续的染色体的相应部分来完成杂交操作。在变异操作中, 我们仅仅用另一个有效染色体变异点后面的部分来替换当前染色体相应的部分。

遗传算法的步骤如下:

(1) 按 3.2.1 的方式进行编码, 设定种群大小和进化代数, 构造初始种群的个体, 即多播树, 交叉率和变异率分别设为 0.4 和 0.2;

(2) 按 3.2.2 计算每个个体的适应度;

(3) 按 3.2.3 进行选择、交叉和变异操作, 生成新的群体。将最优个体保留到新群体中;

(4) 淘汰适应度最小的个体;

(5) 如到达进化代数, 输出结果, 否则转到步骤(2)。

图 1 是由 8 个节点构成的移动 Ad Hoc 网络, 其中节点 1 是源节点, 节点 5, 6, 7 是目的节点。图中每条链路上的三元组分别表示此链路上的时延、带宽和代价。整个 QoS 多播路由的建立有两个过程, 首先按 3.1 得出源节点到满足 QoS 要求的所有目的节点的路径集, 其结果如表 1 所示; 然后, 再按 3.2 得出最优多播树, 图 1 中粗线部分即为所求。

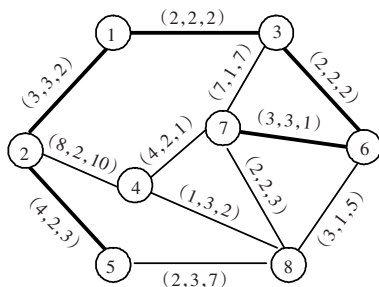


图1 移动 Ad hoc 网络拓扑图

表1 源节点到所有目的节点的候选路径集

目的节点	候选路径集
5	{1,2,5},{1,2,4,8,5}
6	{1,3,6}
7	{1,3,6,7},{1,2,4,7},{1,2,4,8,7}

4 仿真实验

仿真中随机产生 200 个移动节点,多播树规模从 20 到 100 增加,时延要求 $D_{\max}=15$,带宽要求 $B_{\min}=2$,代价在 $[0,15]$ 范围内随机分布,移动节点模型采用 Random Way-point. 仿真首先验证本文提出的 QoS 多播路由协议的收敛性能,然后与文献[12]提出的协议进行比较来说明本协议使用了遗传算法后的优越性。

图 2 说明了网络代价,时延与进化代数的关系。可以看出,随着进化代数的增加,该协议的时延和代价逐渐趋于稳定,在 60 代以后基本就可以得到最优解,表明它具有很好的收敛性。

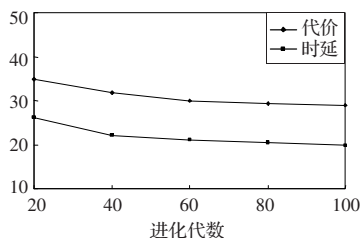


图2 网络代价、时延与进化代数的关系

图 3 是提出协议与文献[12]提出协议的 QoS 路由寻径成功率的比较。可以看出,随着多播节点数的增加,多播树的规模不断增大,同时满足带宽的路径会增多,这样会耗费更多的 QoS 路由寻找时间。但基于遗传算法的 QoS 多播路由具有较好收敛性,能在较大程度上提高 QoS 路由成功率。另外,图中还给出了节点停留时间在 0 s 和 60 s 情景下两种协议的对比,可以看出,在节点停留时间为 0 时(表示网络中节点移动非常频繁),两种协议的性能差不多,然而他们的性能都大大低于节点停留时间为 60 s 时的性能。这说明了本文提出的协议主要适合于网络拓扑变化不大的场景中。

5 结语

遗传算法在各种领域中都有广泛研究,本文将其应用于移

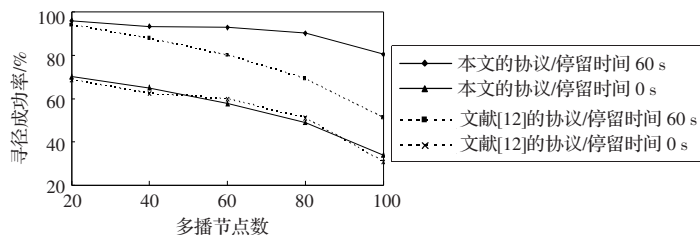


图3 两种协议 QoS 路由寻径成功率的比较

动 Ad hoc 网络中带宽和时延受限的 QoS 多播路由协议中。该协议采取按需路由机制先构造所有满足带宽要求的多播路径集,然后利用遗传算法搜索出最优多播树。仿真结果显示该协议在多播节点规模较大的情景下具有收敛快,寻路成功率高的优点。如何提高协议在网络拓扑变化频繁时的性能是今后进一步研究的重点。

参考文献:

- [1] Sun Baolin, Li Layuan. Multiple constraints-based QoS multicast routing: model and algorithms[J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2004, 15(4): 187-193.
- [2] Chen Hua, Sun Baolin. QoS-based multicast routing optimization algorithms for wireless networks[C]//2004 International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science, 2004: 281-285.
- [3] Wu J J, Hwang R H. Multicast routing with multiple constraints[J]. Information Sciences, 2000, 12(4): 29-57.
- [4] 玄光男, 程润伟. 遗传算法与工程优化[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [5] Xiawei Z, Changjia C, Gang Z. A Genetic Algorithm for multicasting routing problem[C]//International Conference Communication Technology Proceedings, WCC-ICCT 2000, 2000: 1248-1253.
- [6] Hwang R H, Do W Y, Yang S C. Multicast routing based on Genetic Algorithms[J]. Journal of Information Science and Engineering, 2000, 16(6): 885-901.
- [7] 孙宝林, 李腊元. 一种基于遗传算法的多约束 QoS 多播路由优化算法[J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(30): 1-3.
- [8] 孙宝林, 李腊元. 基于遗传算法的多约束 QoS 多播路由优化算法[J]. 小型微型计算机系统, 2005, 26(8): 1313-1317.
- [9] Chen Hua, Sun Baolin. Multicast routing optimization algorithm with bandwidth and delay constraints based on GA[J]. Journal of Communication and Computer, 2005, 2(5): 63-67.
- [10] 杨杰, 胡访宇, 张福益. 移动自组织网络中组播 QoS 路由的遗传算法研究[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(34): 136-138.
- [11] 杨鹏, 李腊元. 一种基于移动 Ad hoc 网络的 QoS 路由协议[J]. 武汉理工大学学报: 交通科学与工程版, 2006, 30(5): 807-810.
- [12] 孙宝林, 李腊元, 陈华. MAODV 协议的 QoS 延伸[J]. 计算机工程, 2006, 32(2): 91-93.

(上接 127 页)

- [4] Barni M, Bartolini F, Cappellini V. A DCT-domain system for robust image watermarking[J]. Signal Processing, 1998, 66(3): 357-372.
- [5] 黄继武, Shi Yun Q, 程卫东. DCT 域图像水印: 嵌入对策和算法[J]. 电子学报, 2000, 28(4): 57-60.
- [6] Hsu C T, Wu J L. Hidden digital watermarks in images[J]. IEEE

Trans Image Processing, 1999, 8(1): 58-68.

- [7] 徐金东, 黎洪松, 倪梦莹. 一种基于关系的 DCT 域数字水印改进算法[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2007, 43(1): 57-59.
- [8] 幸俊, 洪志全. 基于 DCT 的图像盲水印算法研究与实现[J]. 微计算机信息, 2007, 23(2-3): 69-70.