

基于鱼群算法的无线传感器网络转发能效研究

盛光磊¹, 李文泽²

(1 郑州升达经贸管理学院, 河南 郑州 451191; 2 河南广播电视大学, 河南 郑州 450008)

摘 要: 针对无线传感器网络的能耗问题, 基于概率神经网络和鱼群算法提出了一种刻画有效转发能效比的方法 (Energy Efficiency based on Probability neural network and Fish swarm, EEPF). 该方法首先利用概率神经网络来实现转发节点的聚类, 并且通过鱼群的四种行为来刻画有效转发距离和转发能耗, 以此计算网络的有效转发能效比. 仿真实验结果表明, 相比于其他算法, EEPF 算法具有较好的适应性.

关键词: 无线传感器网络; 能效; 概率神经网络; 鱼群算法

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)11-0031-04

Research on the Energy Efficiency of Wireless Sensor Network Based on Fish Swarm Algorithm

SHENG Guang-lei¹, LI Wen-ze²

(1 Shengda Trade Economics & Management College of Zhengzhou, Zhengzhou 451191, China;

2. Henan Radio & Television University, Zhengzhou 450008, China)

Abstract: In order to mitigate the energy consumption of wireless sensor network, a novel measurement method for energy efficiency ratio EEPF (Energy Efficiency based on Probability neural network and Fish swarm) is proposed by probability neural network and fish swarm algorithm. In this method, the node is classified by probability neural network, and the efficiency forwarding distance and energy consumption are depicted by four behavior of fish swarm. So, energy efficiency ratio is calculated in network. The result shows that, compared other algorithm, EEPF algorithm has better adaptability.

Key words: wireless sensor network; energy efficiency; probability neural network; fish swarm

1 引言

由于传感器节点能量有限, 延长网络寿命对于保障网络的正常运行至关重要, 文献[1]中针对高端节点来计算簇内的最短路径树, 以达到数据传输的目的, 从而有效地降低了能耗. 文献[2]中通过设定阈值来去除冗余数据, 提出二次数据融合算法, 以达到控制传感器节点的数据传输量和能量消耗的目的. 同时, 许多人工智能算法也应用于减少无线传感器网络的能量消耗. 文献[3]中采用蚁群优化算法按需进行路由发现, 并综合残留信息素浓度、节点剩余能量和拥塞状况等因素, 提出了一种 Ad Hoc 网络生存时间和性能平衡的路由协议, 以此减少因数据

包丢失、重传和信道冲突所造成的能量损失. 文献[4]中根据信息素浓度和局部剩余能量, 并基于蚁群优化算法建立了无线传感器网络能量均衡算法. 文献[5]中研究了如何有效地保证无线传感器网络的覆盖质量和连通性, 给出了具体的部署方式, 有效地减少了能量消耗.

针对上述问题, 本文给出了网络的有效转发能效比定义, 同时采用概率神经网络对转发节点进行聚类, 并基于鱼群算法来计算其有效转发能效比, 这里将转发节点看作鱼群, 节点的有效转发距离看作食物浓度. 通过仿真实验分析了影响有效转发能效比的因素.

2 网络的有效转发能效比定义

如图 1 所示的无线传感器网络 G 中存在 k 种不同转发能力的转发节点 v_k , 每种转发节点的有效转发距离为 $a_i (i = 1, 2, \dots, k)$, 令转发节点数为 n , 节点的数据包接受率为 p_k , 那么根据文献[6]可知, 该网络的有效转发距离 L 定义为

$$L = \sum_{i=1}^n (a_i \prod_{i=1}^k (1 - p_i)) \quad (1)$$

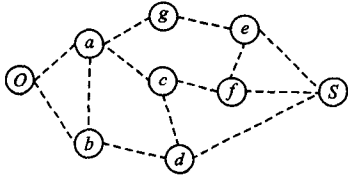


图 1 网络拓扑结构图

假设节点的转发能耗主要为发送节点能耗与应答能耗, 令 α 和 β 分别表示一个数据包发送和应答的能耗, 那么整个网络的转发能耗 E 可表示为

$$E = \alpha b + \sum_{i=1}^n (\beta \prod_{i=1}^k (1 - p_i)) \quad (2)$$

式中, b 表示网络中转发的总共数据包数量。根据文献[6], 那么网络的有效转发能效比 Q 为

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i \prod_{i=1}^k (1 - p_i))}{\alpha b + \sum_{i=1}^n (\beta \prod_{i=1}^k (1 - p_i))} \quad (3)$$

3 模型设计

从本文结合概率神经网络和鱼群算法, 对网络有效转发能效比进行研究, 并建立相应算法。首先利用概率神经网络对不同转发能力的转发节点进行聚类, 以降低算法的运算程度。

3.1 概率神经网络的聚类方法

概率神经网络分别由输入层、隐层、加层和输出层构成^[7]。输入层将网络中的转发节点集合 $V = [v_1, v_2, \dots, v_k]$ 进行初始化, 隐层按照式(4)来对第 k 类转发节点的第 j 隐层神经元进行输入输出:

$$\Phi_{kj}(v) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{d}{2}} \delta^d} e^{-\frac{(v-v_{kj})(v-v_{kj})^T}{\delta^2}} \quad (4)$$

式中, d 为样本维数, δ 为平滑参数。同时, 加层将同属于一类的隐层神经元进行平均处理, 获得其期望:

$$S_k(v) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\Phi_{kj}(v)) \quad (5)$$

根据 Bayes 决策, $S_k(v)$ 最大者的第一个下标即为转发节点集合 V 的估计类别, 输出层将最优分类

结果进行输出:

$$O(v) = \arg \max(\frac{n_k}{\sum_{j=1}^n n_j}, S_k(v)) \quad (6)$$

3.2 算法描述

针对上述获得的转发节点的最优分类结果, 本文利用鱼群算法来计算其有效转发能效比。这里将转发节点看作鱼群^[8], 节点的有效转发距离看作食物浓度, 节点的转发能耗作为状态指标。结合鱼群的四种行为, 本文给出计算有效转发能效比的具体算法(Energy Efficiency based on Probability neural network and Fish swarm, EEPF)如下所示。

Step 1: 在某时刻 t 初始化网络各参数, 确定转发节点的数量、有效转发距离和节点的数据包接受率等;

Step2: 利用概率神经网络对转发节点进行聚类, 将不同转发能力的节点划分成簇;

Step3: 将转发节点看作鱼群, 对其首先执行觅食行为。鱼群依靠感官向食物浓度大的地方移动。假设节点的转发能耗为 e_i , 在其邻域内随机选择另外一个转发能耗 e_j , 根据式(7)将鱼群置于区域中心 z_i :

$$z_i = x_i + \frac{y_i - x_i}{2L} (0.5 + \text{rand}()) \quad (7)$$

式中, L 为有效转发距离, x_i 和 y_i 为搜索区域位置, 计算 x_i 和 y_i 对应的有效转发距离 a_i 和 a_j , 若 $a_i < a_j$, 则该鱼群向此方向移动一步, 令 $a_i = a_j + 1$, 并将 e_j 作为当前状态, 否则停止不动。直到试探多次后仍未移动, 则考虑采取其它行为;

Step 4: 执行鱼群聚群行为。假设该区域内的鱼群数量为 n , 总的鱼群数量为 N , a_m 表示有效转发距离的最小阈值, a_y 用于衡量鱼群间最小距离;

(1) 若 $a_i < a_m$, 并且 $\frac{n}{N} > a_y$, 说明该区域内鱼群有足够距离, 但是有效转发距离不高, 则执行觅食行为;

(2) 若 $a_i \geq a_m$, 并且 $\frac{n}{N} \leq a_y$, 说明该区域内有效转发距离足够, 但是存在过多鱼群, 鱼群间隔空间不够, 则朝着该区域中心反方向执行随机行为;

(3) 若 $a_i \geq a_m$, 并且 $\frac{n}{N} > a_y$, 则该区域内的有效转发距离和鱼群间距离, 鱼群将向该区域中心位置 z_i 移动一步, 令 $a_i = a_i + 1$, 并更新当前状态;

Step5: 执行追尾行为。假设鱼群当前的转发能

耗为 e_i , 在邻域 z_i 内存在最优个体 e_k , 如果 $a_i < a_k$, 并且保证 $\frac{n}{N} > a_y$, 则说明该区域内保证了足够的转发能耗和鱼群间距, 则朝 e_k 方向移动一步, 令 $a_i = a_i + 1$, 并更新当前状态, 否则执行觅食行为;

Step6: 执行随机行为. 鱼群从当前状态 e_i 随机转移到另一可行状态 e_j , 当长时间没有得到最优解时, 可以考虑加入随机因素, 将鱼群移动到邻域搜索可行解. 鱼群的随机移动概率假设为

$$p = \frac{\Delta e (1 - a_j)^\mu}{\sum_k (a_k)^\mu \Delta e + 1} \quad (8)$$

其中, $\Delta e = e_i - e_j$, $0 < \mu < 1$;

Step7: 根据鱼群的四种行为获得当前最优值, 由式(3) 计算网络的有效转发能效比;

Step8: 令 $t = t + 1$, 跳转到 Step 2, 计算下一时刻有效转发能效比, 直至算法结束.

4 数学仿真

根据上述模型, 本文在 NS2 中建立网络仿真结构图, 如图 1 所示. 令数据包大小为 500 B, 节点的数据包接受率为 0.7, 链路容量为 20 MB. 为了体现 EEPF 算法的有效性, 这里将文献[6]中提出的 EQGOR(Energy balanced and QoS guaranteed Geographic Opportunistic Routing)进行对比研究. 仿真中从源节点 O 发送数据包到目的节点 S, 经过 1 000 s 仿真实验后取两种算法最后 100s 的结果进行分析, 可以看出, 本文提出的 EEPF 算法比 EQGOR 算法的整体性能更优. 对其进行数值分析, EEPF 算法的有效转发能效比较 EQGOR 算法提高了 8.21%.

为了更清楚分析 EEPF 算法的性能, 这里进行深入研究其影响因素. 图 2 和图 3 中分别显示了不同聚类数目 m 下的转发能耗和有效转发能效比情况. 从图 2 整体情况来看, 转发能耗是逐渐增大的. 在仿真初始阶段, 聚类数目越大对应的转发能耗越小, 而在仿真后期情况正好相反. 分析其原因在于, 初始阶段聚类数目越大说明分类比较细, 每类中含有的转发节点数比较少, 其转发能耗将越少, 而后期由于数据包的增多, 聚类数目越大导致对应的每类能耗增加速度越大. 而图 3 在仿真初始阶段, 聚类数目越大对应的有效转发能效比越大, 而在仿真后期聚类数目越大对应的有效转发能效比越小.

图 4 和图 5 中显示了有效转发距离、有效转发能效比与鱼群搜索区域半径大小之间的关系(这里

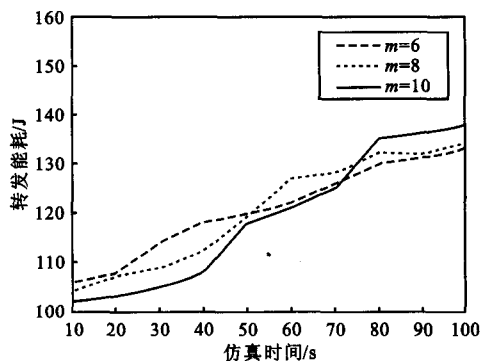


图2 不同聚类数目下的转发能耗比较

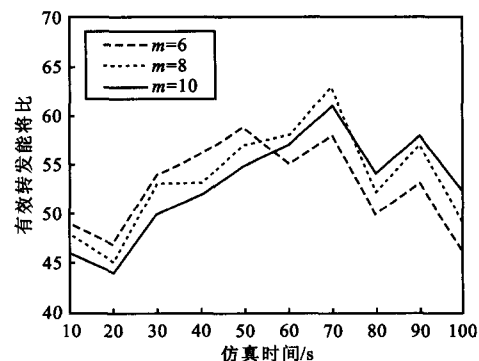


图3 不同聚类数目下的有效转发能效比比较

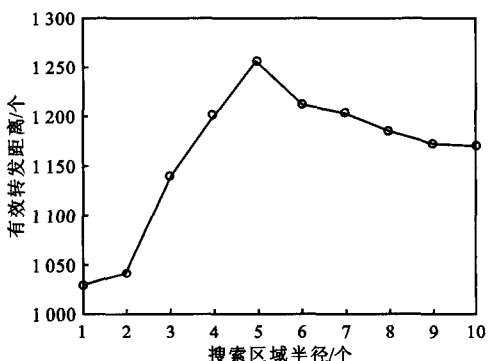


图4 有效转发距离与搜索区域半径之间的关系

将搜索区域位置 x_i 和 y_i 转化为搜索区域半径大小, 即在该搜索区域位置内对应的转发节点个数).

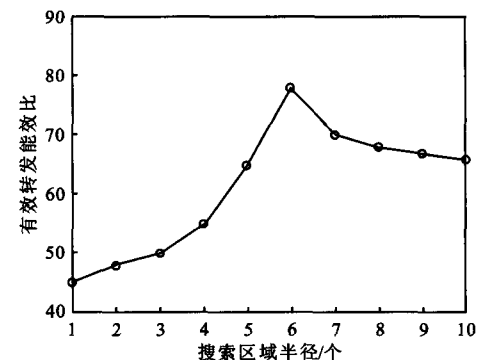


图5 有效转发能效比与搜索区域半径之间的关系

从图 4 可以看出, 有效转发距离随着鱼群搜索

区域半径最初呈现出上升状态,达到最大值之后随之减小,直至趋于平稳状态.而图 5 中有效转发能效比也与鱼群搜索区域半径呈现出类似情况.分析其原因,当搜索区域半径从较小开始增大时,包括的转发节点数目增多,从而使得有效转发距离和有效转发能效比增加;当达到一定程度时,搜索区域半径进一步地增加,使转发节点的内聚相关程度降低,反而造成有效转发距减少,从而影响有效转发能效比.

5 结束语

针对网络的有效转发能效比,本文基于概率神经网络和鱼群算法提出了一种新的计算方法 EEPF.该方法首先利用概率神经网络对转发节点进行聚类,其次根据鱼群的四种行为来刻画网络的有效转发距离和转发能耗,从而获得其有效转发能效比.通过仿真实验对比分析了 EEPF 算法与 EQGOR 算法的性能,结果发现 EEPF 算法具有较好的适应性.在后续研究中,可考虑结合粒子算法和退火算法进行刻画网络的有效转发能效比,以此形成比较完善的评价体系.

参考文献:

- [1] Dai Zhicheng, Li Zhi, Wang Bingwen, et al. An energy aware cluster based routing protocol for wireless

sensor and actor network[J]. Information Technology, 2009, 8(7): 1044-1048.

- [2] 林蔚, 祝启龙. 无线传感器网络节能型数据融合算法[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2011, 32(10): 1386-1390.
- [3] 任敬安, 涂亚庆, 张敏, 等. 基于蚁群优化的 Ad Hoc 网络生存时间和其他网络性能平衡路由协议[J]. 计算机工程与科学, 2011, 33(10): 15-24.
- [4] 梁华为, 陈万明, 李帅, 等. 基于蚁群优化的无线传感器网络能量均衡路由算法[J]. 模式识别与人工智能, 2007, 20(2): 275-280.
- [5] 孟凡治, 王换招, 何晖. 基于联合感知模型的无线传感器网络连通性覆盖协议[J]. 电子学报, 2011, 39(4): 772-779.
- [6] 岳林, 易本顺, 肖进胜. 能量平衡与 QoS 保障的无线传感器网络机会路由[J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2011, 38(11): 82-87.
- [7] Xu Bo, Cheng Xianyi. Semantic region classification based on improved probabilistic neural network[J]. Computer Engineering and Applications, 2010, 46(24): 182-184.
- [8] 王兴伟, 秦培玉, 黄敏. 基于人工鱼群的 ABC 支持型 QoS 单播路由机制[J]. 计算机学报, 2010, 33(4): 718-725.

作者简介:

盛光磊 男, (1981-), 硕士, 讲师. 研究方向为网络安全.

李文泽 男, (1979-), 硕士, 讲师. 研究方向为网络优化.

(上接第 30 页)

出的结构可以很方便地与纹理压缩、多级 Cache 等技术相结合,进一步节省带宽需求.测试结果表明,本文提出的纹理 Cache 结构具有良好的性能.

参考文献:

- [1] Khronos Group. Open GL ES common profile specification [S]. USA: Khronos Group, 2008.
- [2] Williams L. Pyramidal parametrics [J]. Computer Graphics, 1983, 17(3): 1-11.
- [3] 程龙, 郭立, 史鸿声, 等. 一种纹理映射算法的 FPGA 实现 [J]. 小型微型计算机系统, 2009, 30(9): 1855-1859.
- [4] Hakura Z, Gupta A. The design and analysis of a cache architecture for texture mapping[C]//Proceedings of the 24th International Symposium on Computer Architecture. Denver, Colorado, 1997: 108-119.
- [5] Ben Juurlink, Iosif Antochi, Dan Crisu, et al. GRAAL: a framework for low-power 3D graphics accelerators [J]. IEEE computer graphics and applications, 2008, 28(4): 63-73.

- [6] Homan Igehy, Matthew Eldridge, Kekoa Proudfoot. Prefetching in a texture cache architecture[C]//SIGGRAPH/Eurographics Workshop on Graphics Hardware. Orlando, 1998: 133-142.
- [7] JohnL. Hennessy, David A Patterson. 计算机系统结构—量化研究方法[M]. 4 版. 白跃彬, 译. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [8] Michael Cox, Narendra Bhandari, Michael Shantz. Multi-level texture caching for 3D graphics Hardware[C]//Proceedings of the 25th International Symposium on Computer Architecture. Barcelona, 1998: 86-97.
- [9] 奚杰, 陈杰, 朱钊. 利用 SystemC 实现多核系统的快速建模 [J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(7): 214-217.

作者简介:

许强 男, (1988-), 硕士研究生. 研究方向为集成电路设计.