

无线传感器网络中多 Sink 节点位置部署研究^{*}

韩凯州¹, 马福昌²

(1. 太原理工大学 新型传感器与智能控制教育部重点实验室, 山西 太原 030024;

2. 太原理工大学 测控技术研究所, 山西 太原 030024)

摘要: 通过对随机分布的无线传感器网络节点密度和能量消耗的关系的分析, 提出了无线传感器网络中多异构节点位置部署的区域密度优先(RDF)算法。此算法采用密度优先原则来决定 Sink 节点的放置位置, 通过栅格和异构节点通信范围对网络进行区域划分。该算法比递归算法的异构节点放置位置优越, 虽然在网络寿命上相接近, 但远大于随机分布策略的寿命, 且 RDF 更适合实际应用。通过仿真验证: 该算法能够有效延长网络寿命和快速实现部署。

关键词: 区域密度优先算法; 无线传感器网络; 网络寿命

中图分类号: TN92

文献标识码: A

文章编号: 1000-9787(2014) 03-0037-03

Research on position deployment of multiple sink nodes in WSNs^{*}

HAN Kai-zhou¹, MA Fu-chang²

(1. Key Laboratory of Advanced Transducers and Intelligent Control, Ministry of Education,

Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;

2. Institute of Measurement and Control Technology, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: A region density first(RDF) algorithm for multiple heterogeneous nodes position deployment is presented, through analysis on relationship between density and energy consumption of randomly distributed wireless sensor networks(WSNs) node. This algorithm uses principle of density priority to decide placement position of the sink node, the proposed algorithm can determine the density placement of the heterogeneous nodes in the areas with diverse node density, network area is divided into some small cells based on both regular grids and the communication coverage ranges of heterogeneous nodes. The algorithm is superior to the recursive algorithm of heterogeneous nodes placement position although it is close to the network lifetime, it is much longer than the life of a random distribution strategy and RDF is more suitable for practical applications. The simulation verifies that the RDF algorithm can extend the network lifetime effectively and rapidly realize deployment of WSNs.

Key words: region density first(RDF) algorithm; wireless sensor networks(WSNs); network lifetime

0 引言

无线传感器网络(WSNs), 即通过 WiFi, Zig Bee 等无线方式^[1], 使大量的传感器节点相互联系、处理、传输信息的网络。在实际应用中, 无线传感器网络中可能包含一些异构节点, 与普通的同构节点相比, 这些异构节点除了处理能力更强, 计算能力、存储空间更具优势以外, 也消耗更多的能量。然而在整个网络中安排适量的异构节点又可以提高整体网络的数据传输能力, 从这个角度分析可以延长网络寿命。因此, 异构节点在网络中对整个网络的能量消耗和网络寿命有很大的影响, 亦即网络寿命取决于关键节点的

寿命。

在许多文献中都有对异构节点位置部署的研究, 这些研究针对不同的模型, 提出了例如: Global 算法^[2]、Ihop 迭代算法、GEP-MSN 算法等^[3]。本文将针对非均匀分布的无线传感器网络, 就异构节点的位置部署问题进行研究分析, 利用区域密度优先(RDF)算法进行分析, 提出一种方便高效的异构节点位置部署的算法^[4, 5]。

1 网络能耗与节点密度的分析

1.1 非均匀分布的节点分布与能耗的关系

在非均匀分布的无线传感器网络中, 由于传感器节点

收稿日期: 2013-08-12

^{*} 基金项目: 教育部科学技术研究重点资助项目(210270); 教育部博士点新教师基金资助项目(20091402120006)

随机的分布,呈不均匀状态,每个节点所消耗的能量也是不均匀的^[6]。Perillo等人根据节点传输数据的方式提出2种情况:一种是传感器节点采用多跳方式向Sink节点传输数据,此时离Sink节点较近的节点除需要传送自己的数据外,还需要转发其他节点的数据给Sink节点,因此,会消耗更多能量而先于其他节点死亡;另一种是传感器节点采用单跳方式向Sink节点传送数据,此时每个节点都只负责发送自己的数据给Sink节点,因此,离Sink节点远的节点会消耗更多能量而先于其他节点死亡。因此,给定一个非均匀分布的无线传感器网络,且该网络采用的发送方式是多跳,很显然,在此网络中部署Sink节点时,应当把Sink节点部署在传感器节点密度大的地方(图1)。

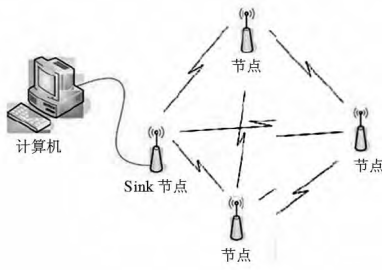


图1 无线传感器网络模型

Fig 1 WSNs model

1.2 均匀分布的网络中节点的能耗

根据文献知道,传感器节点最主要的能耗分为感知数据、发送数据和接收数据所消耗的能量三部分,即

$$\begin{cases} P_{\text{sense}} = \alpha_1 f \\ P_{\text{Tx}} = (\beta_1 + \beta_2 r^n) f \\ P_{\text{Rx}} = \gamma_1 f \end{cases} \quad (1)$$

其中 f 为单个传感器节点的数据产生速率; β_1 、 β_2 分别为发射电路和放大电路的能耗; r 为2个节点之间传输距离; n 为路径损耗系数(r 小于阈值时, $n=2$; r 大于阈值时 $n=4$)。

在节点均匀分布的无线传感器网络中,所有的节点都均匀分布在该网络里。假定这样一种情况,网络分布在半径为 R 的圆形区域, Sink 节点在圆心,传感器节点密度为 ρ_1 ,传输半径为 r_c ,每个周期传输的数据量为 f ,可得出每个节点能量负载如下:

1) 当 $r_c < d_0$ (d_0 为阈值) $n=2$ 时,能量消耗为

$$\begin{cases} E_x = k(x) (\beta_1 + \gamma_1 + \beta_2 r_c^2) - \gamma_1 f + \alpha_1 f & x \geq r_c \\ E_x = k(x) (\beta_1 + \gamma_1 + \beta_2 x^2) - \gamma_1 f + \alpha_1 f & x < r_c \end{cases} \quad (2)$$

2) 当 $r_c \geq d_0$ $n=4$ 时,能量消耗为

$$\begin{cases} E_x = k(x) (\beta_1 + \gamma_1 + \beta_2 r_c^4) - \gamma_1 f + \alpha_1 f & x \geq r_c \\ E_x = k(x) (\beta_1 + \gamma_1 + \beta_2 x^4) - \gamma_1 f + \alpha_1 f & d_0 \leq x < r_c \\ E_x = k(x) (\beta_1 + \gamma_1 + \beta_2 x^2) - \gamma_1 f + \alpha_1 f & 0 < x < d_0 \end{cases} \quad (3)$$

1.3 非均匀分布的节点的能耗

在节点非均匀分布的无线传感器网络中,先考虑一种简单情况。假设该网络中 Sink 节点数为1,在距离该 Sink 节点 l_m 的范围内,普通节点的密度为 ρ ,且每个传感器节点的能量消耗是均衡的,那么,该网络应满足如下公式

$$E'_x / \rho = k \quad (4)$$

式中 E_x 为均匀分布下的无线传感器网络中距离 Sink 节点距离为 l_m 处所有节点的能耗, E'_x 为非均匀分布下距离 Sink 节点距离为 l_m 处所有节点的能耗, k 为一确定常数,且满足 $E'_x = \rho \times E_x$ 。

假设在非均匀分布的网络区域中,区域为 $x=R$ 的圆形区域,传感器密度为 ρ_1 ,结合式(2)、式(3),有如下结论:

1) $r_c < d_0$ 时,得式(5)

$$\begin{cases} \rho = \frac{E'_x}{q} \\ \rho_1 \left[\frac{(n+1)(2x+r_c n)}{2x} (\beta_1 + \gamma_1 + \beta_2 r_c^2) - \gamma_1 + \alpha_1 \right] = \frac{\beta_1 + \alpha_1 + \beta_2 r_c^2}{\beta_1 + \alpha_1 + \beta_2 r_c^2}, & x \geq r_c \\ \rho = \frac{E'_x}{q} \\ \rho_1 \left[\frac{(n+1)(2x+r_c n)}{2x} (\beta_1 + \gamma_1 + \beta_2 x^2) - \gamma_1 + \alpha_1 \right] = \frac{\beta_1 + \alpha_1 + \beta_2 x^2}{\beta_1 + \alpha_1 + \beta_2 x^2}, & x < r_c \end{cases} \quad (5)$$

2) $r_c \geq d_0$ 时,得式(6)

$$\begin{cases} \rho = \frac{E'_x}{q} \\ \rho_1 \left[\frac{(n+1)(2x+r_c n)}{2x} (\beta_1 + \gamma_1 + \beta_2 r_c^4) - \gamma_1 + \alpha_1 \right] = \frac{\beta_1 + \alpha_1 + \beta_2 r_c^4}{\beta_1 + \alpha_1 + \beta_2 r_c^4}, & x \geq r_c \\ \rho = \frac{E'_x}{q} \\ \rho_1 \left[\frac{(n+1)(2x+r_c n)}{2x} (\beta_1 + \gamma_1 + \beta_2 x^4) - \gamma_1 + \alpha_1 \right] = \frac{\beta_1 + \alpha_1 + \beta_2 x^4}{\beta_1 + \alpha_1 + \beta_2 x^4}, & d_0 \leq x < r_c \\ \rho = \frac{E'_x}{q} \\ \rho_1 \left[\frac{(n+1)(2x+r_c n)}{2x} (\beta_1 + \gamma_1 + \beta_2 x^2) - \gamma_1 + \alpha_1 \right] = \frac{\beta_1 + \alpha_1 + \beta_2 x^2}{\beta_1 + \alpha_1 + \beta_2 x^2}, & 0 < x < d_0 \end{cases} \quad (6)$$

由以上公式可以得出如下结论:当 x (传感器节点到

Sink 节点的距离) 越大时,节点的密度 ρ 就越小。换句话说,如果每个节点的能耗是相同的,那么,在离 Sink 节点越远的地方传感器节点的分布就越不密集。

2 RDF 算法的原理和应用

2.1 RDF 算法的提出和原理

大部分关于无线传感器网络中异构节点部署的算法^[7],比如递归算法等,它们的基本思路都是把 Sink 节点放置于传感器节点分布集中的地方,但这些算法大都较为复杂,不利于实现。这里提出的 RDF 算法,依然沿用上述思路,但相对较为便捷,更利于实现。

如图 2 所示,假设传感器非均匀的分布在一个矩形区域里,将这个区域用直角坐标系将其划分为 4 个象限,并用小栅格对每个区域进行划分,用 n_1 表示栅格的数目。与此同时,每个 Sink 节点的传输范围用半径为 r 的圆盘表示。此外假设每个象限中 Sink 节点的数量为 n_2 ,每个 Sink 节点传输范围里面的节点数量为 n_3 。

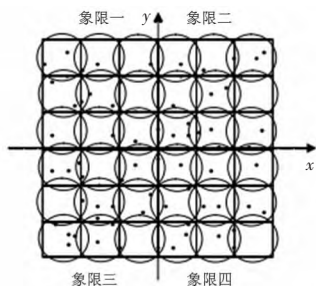


图2 传感器网络象限栅格分割图

Fig 2 Segmentation map of sensor network quadrant grid

RDF 算法具体可以描述为:

- 1) 所有的栅格都是未标记的;
- 2) 对每一个栅格按顺序扫描,把 Sink 节点依次部署于每一个栅格的中心,记录每一次落入 Sink 节点覆盖范围内传感器节点的数量;
- 3) 扫描结束后,如果其中一个栅格的节点数量大于其他所有栅格中的节点数量,那么,此栅格为最优栅格;
- 4) 如果有多个栅格的节点数量相同且大于其他所有栅格中的节点数量,那么,考虑 2 种情况:
 - a. 这些栅格处于同一象限,则其中任一栅格为最优栅格;
 - b. 这些栅格处于不同象限,则部署最少 Sink 节点的那个象限所对应的栅格就是最优栅格。

2.2 RDF 算法分析

从前面的叙述中知道,关键节点的寿命决定无线传感器网络的寿命,关键节点就是落在 Sink 节点通信范围内的传感器节点^[8]。当网络里存在多个 Sink 节点时,要求这些关键节点可以平均地承担普通节点的数据传送功能。由 2.1 节的结论可以知道,RDF 算法通过选取最优栅格,较好

地解决了这个问题。

由文献知道,一个确定异构节点位置的无线传感器网络的寿命可以表示为

$$L = \frac{E_i}{P} = \frac{E_i}{\frac{\lambda_0}{\lambda_1} - n_s} \cdot \frac{1}{\varepsilon_i + \frac{\lambda_1}{n_s}(\varepsilon_i + \varepsilon_r) + \varepsilon_i} \quad (7)$$

给上式中的参数选取一定的数值,图 3 显示的就是当网络中部署了 1~5 个 Sink 节点时网络寿命的时间。

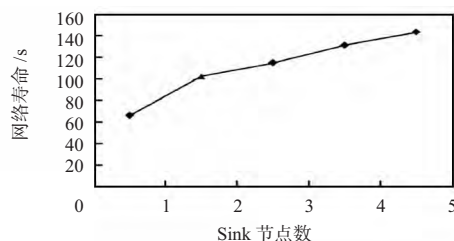


图3 网络寿命

Fig 3 Network lifetime

3 算法仿真

为了综合分析和验证本文本文中描述的 RDF 算法,对 RDF 算法、递归算法以及随机分布 3 种情况的网络寿命和报文的递交概率在 Matlab 上进行了多次仿真,证明了 RDF 算法在这两方面都更具优势。

3.1 场景设计

假设 100 个传感器节点随机分布在 1 000 m × 1 000 m 的矩形区域里面, $E_i = 100$ J, $\varepsilon_i = 0.015$ J, $\varepsilon_r = 0.015$ J, $\varepsilon_t = 0.5$ J。Sink 节点数量为 1~9。

3.2 仿真结果

3.2.1 不同部署算法网络寿命的比较

如图 4 所示,RDF 算法和递归算法下部署的 Sink 节点的网络,其寿命基本接近,随机分布的寿命则小于二者,说明 RDF 算法在延长网络寿命方面作用明显,且比递归算法更简单方便利于实现。

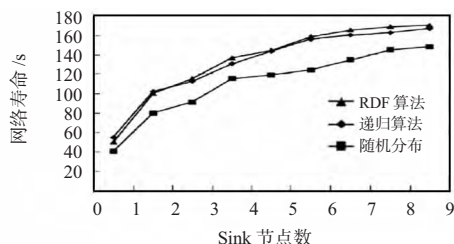


图4 不同部署策略下网络寿命

Fig 4 Network lifetime under different deployment strategy

3.2.2 不同部署算法报文的递交概率的比较

报文递交概率是对网络寿命检测的一项主要指标,如图 5 所示,RDF 算法和递归算法的报文递交概率更高于随机分布的情况,而 RDF 算法相对更简单便捷利于实现。

(下转第 43 页)



图8 尺度差异

Fig 8 Scale differences



图9 切分图像的SIFT特征描述子

Fig 9 SIFT character descriptor of segmentation image

分类的时间(0.998 624 s)加SIFT图像配准的时间(0.077 s)共约1.076 s,耗时少,且识别效率高。

5 结束语

本文利用SIFT特征对旋转、尺度缩放、亮度变化的保持不变性,解决了在维吾尔语识别过程中切分字符尺度不统一带来的模板匹配困难问题。首先对测试图片和模板字符进行双投影相关性检测,然后对与测试图像相关性较高的模板字符进行笔画数特征提取,得到预分类结果,最后将预分类结果依次与测试图片进行SIFT特征检测及配准得到识别结果,实验表明该方法具有良好的识别效果。

参考文献:

[1] 曹志宏. 维吾尔文字联机手写体识别系统的研究与实现[D].

乌鲁木齐:新疆大学,2007.

- [2] 万金娥. 基于字符归一化双投影互相关性匹配识别算法[J]. 计算机应用, 2013, 33(3): 645-647.
- [3] 皮桂林. 基于HMM的联机手写维文单词识别方法研究[D]. 乌鲁木齐:新疆大学,2012.
- [4] Lowe D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.
- [5] 王程冬. SIFT算法在点云配准中的应用[J]. 传感器与微系统, 2012, 31(2): 149-152.
- [6] 艾力·居麦, 哈力旦·A, 黄浩. 视频图像中维吾尔文字的识别研究[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(36): 190-192.
- [7] Zhao Wanlei, Rennes Inria. Flip-invariant SIFT for copy and object detection[J]. Image Processing, 2012, 22(3): 980-991.
- [8] Mikolajczyk K, Schmid C. Scale & affine invariant interest point detectors[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 200(1): 63-86.
- [9] 邓任任, 哈力旦·A. 维吾尔文字自适应角度定位[J]. 计算机工程与设计, 2013, 34(3): 1121-1125.
- [10] 冯政寿, 王美清. 基于Harris与改进SIFT算法的图像匹配算法[J]. 福州大学学报: 自然科学版, 2012, 40(2): 176-180.

作者简介:

杨娜娜(1989-),女,新疆乌鲁木齐人,硕士研究生,研究方向为图像处理、维吾尔语文字识别。

(上接第39页)

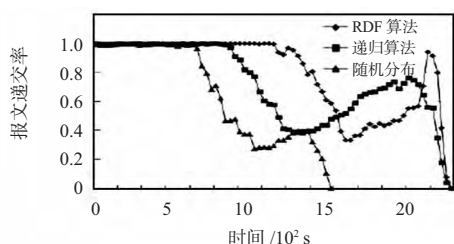


图5 不同部署策略下报文递交概率的比较

Fig 5 Comparison of probability of message delivery under different deployment strategy

4 结束语

本文在分析了随机分布的无线传感器网络能耗和节点密度的关系,在此基础上提出了RDF算法,该算法以优化传感器网络中的Sink节点的部署来达到降低能耗的目标。通过仿真实验证明:RDF算法在重新恢复连通度时比递归算法的连通度高且异构节点放置位置优越。虽然在网络寿命上RDF算法和递归算法相接近,但是,RDF算法更适合实际应用。因此,RDF算法是一种简便可行的算法。

参考文献:

- [1] 王永杰, 杨小平. 基于无线传感器网络的智能小区监控系统设计[J]. 制造业自动化, 2011, 33(1): 68-70.
- [2] Dai S, Tang C, Qiao S et al. Optimal multiple sink nodes deployment in wireless sensor networks based on gene expression programming[C]//The Second International Conference on Commu-

nication Software and Networks, ICCSN'10: IEEE, 2010: 355-359.

- [3] Vincze Z, Vida R, Vidas A. Deploying multiple sinks in multi-hop wireless sensor networks[C]//IEEE International Conference on Pervasive Services, IEEE, 2007: 55-63.
- [4] Gu Y, Wu Q, Cai X et al. On efficient deployment of high-end sensors in large-scale heterogeneous WSNs[C]//IEEE 6th International Conference on Mobile Ad Hoc and Sensor Systems, MASS'09, IEEE, 2009: 912-917.
- [5] Friedmann L, Boukhatem L. Efficient multi-sink relocation in wireless sensor networks[C]//Third IEEE International Conference on Networking and Services(ICNS), 2007: 90.
- [6] 张萃玲, 陈志刚, 刘安丰, 等. 非均匀部署WSN的能量空洞避免策略[J]. 计算机工程, 2010, 36(2): 83-86.
- [7] Wang Q, Xu K, Takahara G et al. Device placement for heterogeneous wireless sensor networks: Minimum cost with lifetime constraints[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2007, 6(7): 2444-2453.
- [8] Xu K, Wang Q, Hassanein H et al. Optimal wireless sensor networks (WSNs) deployment: Minimum cost with lifetime constraint[C]//IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications, (WiMob'2005), 2005: 454-461.

作者简介:

韩凯州(1988-),男,山西忻州人,硕士,研究方向为无线传感器网络。