

WSN 中基于移动 Sink 的高效数据收集算法

潘文虎, 张瑞华

(山东大学计算机科学与技术学院, 济南 250101)

摘 要: 针对无线传感器网络中的数据收集问题, 提出一种改进的 MWSF 算法。该算法结合 A* 算法求解出移动 Sink 在传感器节点之间移动的最短路径, 利用 MWSF 算法找到移动 Sink 所需访问的下一个传感器节点, 并与单跳通信范围内的其他传感器节点进行通信, 从而收集数据。仿真结果表明, 该算法能降低数据溢出发生率, 提高网络的数据传输效率。

关键词: 无线传感器网络; 能量空洞; 移动 Sink; 数据收集; A* 算法

Efficient Data Collection Algorithm Based on Mobile Sink in WSN

PAN Wen-hu, ZHANG Rui-hua

(College of Computer Science and Technology, Shandong University, Jinan 250101, China)

【Abstract】 Aiming at the data collection problem of Wireless Sensor Network(WSN), this paper presents an improved Minimum Weighted Sum First(MWSF) algorithm. Improved algorithm using A* algorithm to find the shortest distance between sensor nodes, chooses the next sensor node which mobile sink can access by MWSF algorithm. The mobile sink reaches the sensor node and collects the data of other sensor nodes in single-hop communication range. Simulation results show that the algorithm reduces data overflow and guarantees more effective data transmission.

【Key words】 Wireless Sensor Network(WSN); energy hole; mobile Sink; data collection; A* algorithm

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2011.18.031

1 概述

无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)是一种新型的数据采集与处理系统, 能用于实地观察、环境监测等领域。大量小型简单的传感器节点利用短距离无线通信将数据传送给 Sink 节点。无线传感器网络中一个关键问题是如何有效均衡各个传感器节点的能量消耗, 延长整个网络的生命周期。而传统的无线传感器网络中 Sink 节点位置是固定的, 距离 Sink 节点越近的传感器节点能量消耗越快, 会出现能量空洞, 导致整个网络过早死亡。因此, 近年来许多文献提出在无线传感器网络中利用移动 Sink 避免能量空洞, 提高网络性能, 延长整个网络的生命周期。文献[1]利用移动 Sink 进行实时数据收集, 提出一种能量有效及均衡的数据收集协议, 延长了网络生命周期。

移动 Sink 的移动方式主要有 3 类: 随机移动, 可预测的移动和实时控制的移动^[2]。移动 Sink 随机移动时, 虽然传感器节点都通过单跳将数据传送给移动 Sink, 避免了节点转发其他节点的数据所消耗的能量, 但由于 Sink 移动的随机性, 网络中会产生很大的数据延迟^[3]。可预测的移动 Sink 运动轨迹固定, 传感器节点首先预测其与移动 Sink 通信的时间, 然后进入休眠, 等到了通信时间再发送数据给移动 Sink, 这样能够有效地节省传感器节点的能量^[4]。

如果传感器节点在其缓冲存储器溢出前没能将存储的数据传输给移动 Sink, 就会造成数据溢出。为了解决这个问题, 可利用实时控制移动 Sink 访问传感器节点, 以减少数据溢出。文献[5]针对单移动 Sink 节点的移动, 提出启发式算法 EDF(Earliest Deadline First)和 MWSF(Minimum Weighted Sum First)。在 EDF 算法中, 移动 Sink 优先访问数据溢出最早的传感器节点。MWSF 算法既考虑数据的溢出时间, 又考虑移动 Sink 移动到该传感器节点所花费的时间, 然后计算

两者的加权和, 移动 Sink 优先访问加权和最小的传感器节点。MWSF 算法相比 EDF 算法更高效。

MWSF 算法没有考虑实际环境中的障碍物, 而且 Sink 移动到传感器旁边收集数据, 没有考虑利用单跳通信范围。针对 MWSF 算法的缺点, 本文结合 A* 算法, 同时利用单跳通信范围对 MWSF 算法进行改进, 提出 IMWSF(Improved Minimum Weighted Sum First)算法。

2 IMWSF 算法

2.1 基于 A* 算法的最短路径求解

在实际环境中, 障碍物可能会阻碍移动 Sink 在 2 个节点之间的直线移动, 这时就要考虑寻找一条最短路径, 使 Sink 节点移动所消耗的时间最少。IMWSF 算法中采用 A* 算法寻找传感器节点之间的最短路径, 移动 Sink 根据最短路径在节点之间移动。

A* 算法在 IMWSF 算法中的具体应用是: 首先将网络区域划分成方形网格, 假设 2 个传感器节点分别位于网格 A 和网格 B 中, 利用 A* 算法寻找网格 A 与网格 B 之间的最短路径, 算法的结果是一系列网格, 这些网格构成了一条最短路径。移动 Sink 根据得到的最短路径在网格 A 与 B 之间进行移动, 并收集网格中传感器节点的数据。

2.2 单跳通信范围

在 MWSF 算法中, 移动 Sink 每次访问传感器节点都只是收集该节点的数据, 然后移动到下一个传感器节点。不过

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“嵌入式分布系统可信性研究”(90718032)

作者简介: 潘文虎(1986—), 男, 硕士研究生, 主研方向: 无线传感器网络; 张瑞华, 博士

收稿日期: 2011-03-16 **E-mail:** hiwenhu@gmail.com

移动 Sink 收集当前节点的数据后, 可以与单跳通信范围内的其他传感器节点进行通信、收集数据, 这样能够节省 Sink 节点移动到这些节点所消耗的时间。移动 Sink 访问传感器节点如图 1 所示, 移动 Sink 移动到节点 A, 节点 A 有邻居节点 B 和节点 C, 移动 Sink 收集完节点 A 的数据后, 可以利用单跳通信收集节点 B 和节点 C 的数据, 而不用移动到节点 B 和节点 C 的位置再进行数据收集。

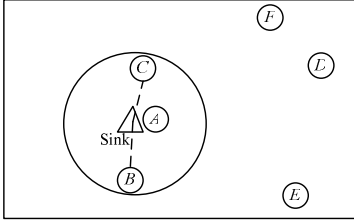


图 1 移动 Sink 访问传感器节点示意图

2.3 算法实现

IMWSF 算法的具体步骤如下:

(1) 利用 A* 算法求出不同传感器节点之间的最短路径, 然后根据最短路径的长度以及移动 Sink 的速度, 计算移动 Sink 在不同传感器节点之间移动花费的时间。

(2) 令集合 $S = \{N_0\}$, N_0 为当前访问节点, 找出 N_0 的所有邻居节点, 如果节点 j 是 N_0 的邻居节点, 则 $S = S \cup \{j\}$ 。对于集合 S 中的任意节点 u , 首先将节点 u 与移动 Sink 通信的次数 $visited_u$ 加 1, 然后判断节点 u 是否数据溢出, 如果溢出, 则将节点 u 数据溢出的次数 $missed_u$ 加 1, 同时计算节点 u 的数据溢出时间, 记为:

$$overflow_u = overflow_u + (T_u - T[u]) \quad (1)$$

其中, T_u 表示节点 u 与移动 Sink 进行通信的时刻; $T[u]$ 表示节点 u 的数据溢出的时刻。

(3) 引用 MWSF 算法中判断下一个访问的传感器节点的方法:

1) 对于任意传感器节点 i , 计算加权:

$$w_i = \alpha \times (T[i] - T_0) + (1 - \alpha) \times d_{N_0, i} \quad (2)$$

其中, α 表示权值; T_0 表示当前时刻; $d_{N_0, i}$ 表示移动 Sink 从当前节点移动到节点 i 所花费的时间; w_i 表示传感器节点 i 的加权。

2) 选择加权最小且不是 N_0 的传感器节点 i 作为移动 Sink 下一个要访问的节点。将 N_0 置为 i , 如果移动 Sink 与 N_0 通信的时刻超过给定的阈值, 则转到步骤(4), 否则转回步骤(2)。

(4) 计算各个节点的数据溢出发生率:

$$lost_ratio_u = \frac{missed_u}{visited_u} \quad (3)$$

将所有节点数据溢出发生率的平均值作为网络的数据溢出发生率:

$$lost_ratio = \frac{\sum_{i=1}^n lost_ratio_i}{n} \quad (4)$$

将所有节点的数据溢出时间之和作为网络总体溢出时间:

$$overflow = \sum_{i=1}^n overflow_i \quad (5)$$

3 仿真与结果分析

为了对算法的性能进行比较, 参考文献[5]进行仿真实验, 传感器节点为 Mica2 传感器, Sink 节点的能量不受限

制, 安装在可移动装置上。仿真程序使用 Visual C++ 6.0 进行开发。在 $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ 的区域内仿真, 移动 Sink 的速度设置为 1 m/s 。将 100 个传感器节点随机均匀分布在图 2 所示的网络中, 移动 Sink 根据 A* 算法得到的最短路径匀速运动, 网络大小、移动速度用常量表示, 节点坐标用数组表示。将区域划分成方形网格, 每个网格大小为 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$, 在区域中随机将部分网格设置为不可通过, 即障碍物。其中, 黑色小方块代表区域中的障碍物。

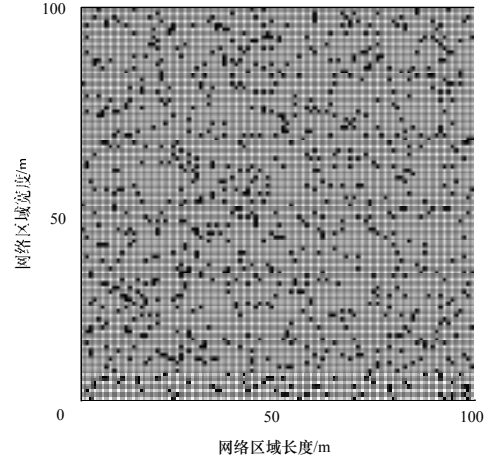


图 2 网络中的障碍物示意图

采用如图 3 所示的网络拓扑结构, 在其中心放置数据源, 传感器节点距离数据源越近, 采样越频繁, 缓冲存储器填满越快。在拓扑结构中, 传感器节点随机均匀分布在以数据源为圆心、以 50 m 为半径的圆形区域内。由于障碍物和传感器节点分布的随机性, 可能出现移动 Sink 无法到达某些传感器节点, 即 A* 算法无法找到最短路径的情况, 这时重新分配传感器节点的位置。在圆中放置同心圆, 将圆形区域划分为圆环, 同心圆的半径分别为 R_1, R_2, \dots, R_{25} , 最小的同心圆半径为 2 m , 相邻同心圆半径相差为 2 m 。

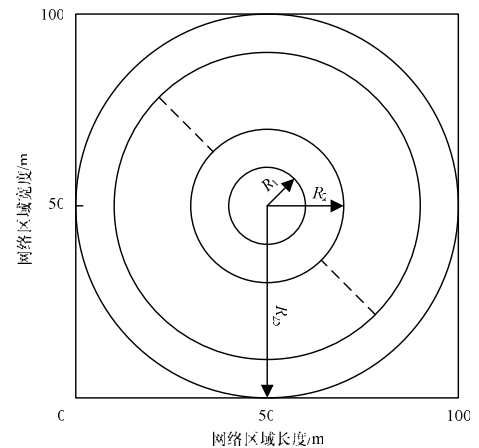


图 3 网络拓扑结构

位于最小同心圆中的传感器节点, 其缓冲存储器填满时间最短, 称为基础时间 $baseT$ 。分布在区域 z 中的节点的缓冲存储器填满时间为:

$$t_z = baseT + (z - 1) \times 0.1 \times baseT \quad z = 1, 2, \dots, 25 \quad (6)$$

表 1 为实验中所采用的仿真参数, 针对拓扑结构 A 产生 100 个随机的网络拓扑进行仿真, 每个网络拓扑的阈值, 即仿真时间为 $100\,000\text{ s}$ 。仿真结果取这 100 个网络拓扑中仿真数据的平均值。网络中的数据溢出发生率和数据总体溢出时

间见图4、图5。

表1 实验使用的仿真参数及值

仿真参数	参数值
节点数 n	100
基础溢出时间 $baseT/s$	1 000
权值 α	0.01, 0.02, ..., 1.00
出发节点 S	节点 1
单跳通信范围/m	5
障碍物个数	1 000

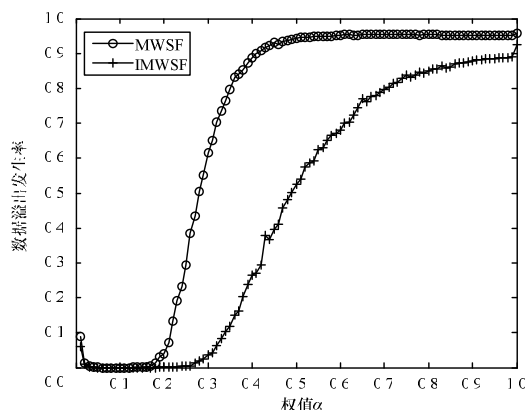


图4 网络中的数据溢出发生率

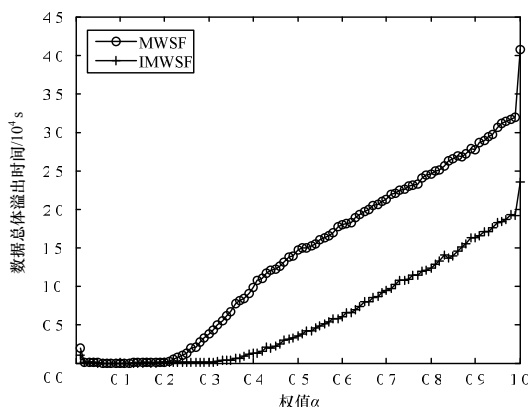


图5 网络中的数据总体溢出时间

由图4可知,当采用MWSF算法时,在 α 值为0.4时数据溢出发生率达到90%,随后一直保持在90%以上,采用IMWSF算法时,网络中的数据溢出发生率有明显降低,特别当 $0.03 \leq \alpha \leq 0.47$ 时所对应的数据溢出发生率降低了50%以上。由图5可知,在采用MWSF算法时,当 $0.01 \leq \alpha \leq 0.20$ 时,总体溢出时间较低,随后逐渐上升,而采用IMWSF算法,相比MWSF算法有明显减少,当 $0.1 \leq \alpha \leq 1.0$ 时,减少的幅度保持在40%以上。

4 结束语

传统无线传感器网络存在能量空洞,利用移动Sink节点能有效解决这一问题。MWSF算法利用移动Sink进行数据收集,但是没有考虑障碍物的存在以及利用单跳通信范围。针对MWSF算法的缺点,提出一种改进MWSF算法。实验结果表明,改进算法能够更好地提高网络性能,减少数据溢出的发生。今后将考虑多个移动Sink的调度问题。

参考文献

- [1] 郑瑾, 苏广毅, 贾维嘉, 等. 能量有效的无线传感器网络数据收集协议[J]. 计算机工程, 2010, 36(8): 102-104.
- [2] Ekici E, Gu Yaoyao, Bozdog D. Mobility-based Communication in Wireless Sensor Networks[J]. Communications Magazine, 2006, 44(7): 56-62.
- [3] Shah R C, Roy S, Jain S, et al. Data Mules: Modeling a Three-tier Architecture for Sparse Sensor Networks[C]//Proc. of the 1st International Workshop on Sensor Network Protocols and Applications. Alaska, USA: IEEE Press, 2003: 30-41.
- [4] Zhao Wenrui, Ammar M, Zegura E. A Message Ferrying Approach for Data Delivery in Sparse Mobile Ad Hoc Networks[C]//Proc. of the 5th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing. Tokyo, Japan: ACM Press, 2004: 187-198.
- [5] Somasundara A A, Ramamoorthy A, Srivastava M B. Mobile Element Scheduling with Dynamic Deadlines[J]. IEEE Trans. on Mobile Computing, 2007, 6(4): 395-410.

编辑 陆燕菲

(上接第93页)

冲突问题,网络系统的状态从NotOK转变为OK;测试2中动态增加了网络设备节点,网络系统的状态从OK转变为New;测试3中解决了MOST环网中有无效节点的问题,网络系统的状态从New转变为Invalid。

5 结束语

网络管理模块是MOST网络系统中不可缺少的一部分,本文提出了车载MOST网络管理系统的设计与实现方案。通过网络节点的逻辑地址绑定功能地址代替节点物理位置对网络多媒体设备进行寻址,不仅使网络多媒体设备摆脱了物理位置的限制,还实现了多媒体设备即插即用的工作方式,并最终通过具体实验验证了该方案的可行性。本文研究成果已经有效地应用于实际项目中,具有一定的创新示范作用,其他MOST管理模块(如连接管理模块、电源管理模块等)也可以采用类似的方法实现,不仅具有广阔的应用前景,而且对自主研发车载MOST网络具有重要的理论意义。

参考文献

- [1] 秦贵和. 车上网络技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [2] 秦贵和, 黄永平. MOST汽车多媒体网络[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2009.
- [3] 陈筠翰, 刘衍珩, 曲良东, 等. 车载CAN网络中直接NM逻辑环的实现[J]. 计算机工程, 2010, 36(13): 114-116.
- [4] SMSC. OS8105x/6x INIC API[EB/OL]. (2007-11-12). <http://www.smssc-ais.com/TB0400ANTC4V2%20-%20MediaLB%20Specification%204v2.pdf>.
- [5] 王栋, 梅宏. 下一代通信软件中的特征冲突检测[J]. 软件学报, 2005, 16(7): 1232-1241.
- [6] 杨晓峰, 孙明明, 胡雪蕾. 一种基于DFA的网络攻击检测算法[J]. 计算机工程, 2010, 36(13): 149-150.

编辑 陆燕菲

