

# 高效节能的多移动基站数据收集算法<sup>①</sup>

史久根, 宋正超

(合肥工业大学 计算机与信息学院, 合肥 230009)

**摘要:** 由于无线传感器网络(WSN)中的节点能量有限, 能量问题是 WSN 的研究热点. 首先传感器产生的数据具有时间和空间的相关性, 所以让一部分传感器工作, 其余休眠, 可以提高网络寿命. 其次移动基站以汽油为燃料, 每次移动距离有限. 基于以上两点考虑, 提出了 CMSLM(Constrained mobile of sink lifetime maximum)算法, 移动基站在移动距离受限条件下, 移动尽可能远的距离, 减少移动移动基站的数目, 此外, 每个网关利用最大流构造平衡树, 使得瓶颈的传感器能量消耗尽可能的均衡, 从而使得网络寿命最大化. 通过实验仿真显示, CMSLM 比 SRP-MS 算法相同的周期内的死亡的节点数要少的很多.

**关键词:** 无线传感器网络; 网络寿命; 能量均衡; 最大流

## Energy-Efficient Data Gathering Algorithm for Multiple Mobile Sinks

SHI Jiu-Gen, SONG Zheng-Chao

(School of Computer and Information, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** Wireless sensor network (WSN) is made of a large number of sensors, which power is limited. The energy management is a hot issue. Owing to the relevance of time and space between sensors, we allow some sensor nodes to be alive and some sensor nodes can be turned off. Mobile sink is powered by gasoline, thus the mobile distance is limited. Therefore, we propose CMSLM (Constrained mobile of sink lifetime maximum) algorithm. Firstly, we select as little as possible mobile sinks under the condition of limited mobile distance for mobile sink. Secondly, we construct balanced tree by the maximum flow, to maximize the WSN lifetime. The experiment simulation shows that the number of dead sensors of CMSLM algorithm is less than SRP-MS.

**Key words:** wireless sensor network; network lifetime; balanced consumed; maximum flow

无线传感器网络由数百个或上千个廉价的、电池供电的传感器组成, 通过传感器自组织方式形成的无线网络. 无线传感器网络具有快速部署、隐蔽性好和高容错性<sup>[1]</sup>, 在军事上有很广泛的应用, 此外在环境监测、森林防火、智能家居等, 也有广泛的应用, 从而越来越受到人们的关注. 由于传感器的体积、能量、通信能力有限, 能量成为网络寿命的瓶颈. 之前有些学者研究无线传感器网络的网络寿命, 假设有一个固定的基站(static sink), 其余传感器通过中继节点传递, 多跳的形式把数据传输到基站. 这样容易形成能量空洞, 靠近基站的能量消耗的能量比较多, 而远离基站的剩余能量很多, 能量消耗不均衡. 一旦形成能量空

洞, 基站和其余的传感器连通性就会受到影响, 从而网络服务中断<sup>[2]</sup>. 用移动基站去收集数据, 移动基站可能用汽油为燃料, 行驶的距离有限. 传感器产生的数据具有时空性, 即一段时间内一个传感器产生的数据相似, 距离很近的传感器在同一时间产生的数据相似, 所以在一段时间内只要采集部分数据即可. 本文假设监测一个区域的环境, 事前均匀布置网关, 传感器节点随机洒落, 网关的能量、存储容量和传感器相比很大, 传感器采集到的数据传输到网关, 网关暂时存储传感器的数据, 移动基站周期性的去收集数据, 当移动基站在网关的传输半径之内, 网关把收集的数据传输给移动基站, 移动基站有选择地经过部分网关,

① 收稿时间:2014-04-01;收到修改稿时间:2014-05-13

满足行驶距离的限制和数据量的要求,使得网络寿命最大化。

## 1 相关工作

数据收集是无线传感器网络的一个重要部分。在层次拓扑结构中的, LEACH<sup>[3]</sup>算法随机的选取簇头,没有考虑节点的剩余能量。在异构网络中<sup>[4]</sup>,通过部署网关,移动基站收集网关的数据,网关接收传感器的数据,形成了传感器、网关、移动基站组成的网络。在[5]用线性规划的方法,通过列生成算法求解线性规划,它假设所有的传感器都传输数据,找出每个传感器的下一个中继节点,这样没有考虑数据的时空相关性。在[6]中,满足吞吐量的条件下,从传感器中选出簇头,以剩余能量作为权值,簇头选出后作为网关,其余节点把数据传输给网关,以选出的网关构造平衡树。[8]中没有考虑到,移动基站的距离受限的情况。考虑到数据的时空相关性,本文假设要求部分传感器周期性的工作,感知数据、接收数据、发送数据,区域的其它传感器休眠,在满足移动基站行驶距离受限的条件下,从网关(G)中选择更多的传感器,最后回到原来的出发点,这个问题和 TSP(旅行者)问题相似,是 NP 完全问题<sup>[7]</sup>。TSP 问题,在[10]用蚁群算法,时间复杂度高,[11]用非线性规划,本文采用动态规划,解决在距离受限的条件选择尽可能少的移动基站。

## 2 系统模型和问题定义

### 2.1 系统模型

本文为一个区域的环境监测,在这个区域事先均匀布置好大量价格低廉的普通传感器和固定数目的网关,和普通的传感器相比,其能量和存储容量更大。传感器用于感知数据、发送数据、接收数据,产生的数据立即传送到相邻的网关,当网关在移动基站的通信范围内,网关把数据发送给移动基站。形成了三层网络结构:移动基站、网关、传感器,有利于减少传感器能量的消耗和收集数据的时间。一个移动基站从原点出发,以固定的速度行驶,而移动基站用汽油作为燃料,行驶距离有限。同时传感器产生的数据具有时间和空间的相关性,要求每个周期都有部分传感器工作,其余休眠,休眠的传感器不消耗能量。如何在满足以上两个要求的条件下,使得网络寿命最大化。为了解决这个问题,本文提出受限的移动基站网络寿命

最大化算法(Constrained mobile of sink lifetime maximum, (CMSLM))。

### 2.2 问题定义

用无向完全图  $G = (\text{Gate}, E)$  表示  $|\text{Gate}|$  网关,  $E$  表示 Gate 之间的欧拉距离,假定有  $k$  移动基站  $MS_1, MS_2, \dots, MS_k$ , 从源点  $s$  出发最后回到源点为一轮。移动基站  $MS_i (1 \leq i \leq k)$  移动到 Gate 中的网关附近收集网关的数据。由于移动基站的移动距离受限,而所有的网关都要访问一次,需要设计一个算法,选择最少的移动基站。

在每一轮中,选择  $r \cdot N$  ( $r$  为工作传感器数量占总的传感器的比例)传感器工作,工作的传感器产生的数据传送到相应的网关,当移动基站到达网关,接收网关的数据。由于靠近网关节点的传感器消耗能量多,是网络寿命的瓶颈。

靠近网关的传感器所含的孩子节点数目尽可能的均衡,可以提高网络寿命。

针对以上问题,本文提出了 CMSLM 算法,在下节将具体介绍。

## 3 CMSLM算法

本文系统模型中,靠近网关处的传感器能量消耗最多,是网络寿命的瓶颈。一方面,在移动基站移动距离受限的条件,选择更多的网关有利于使得每个网关下的节点数量减少,靠近网关处的节点的孩子数目少,另一方网关固定的条件下,在没有考虑数据压缩的条件下,如何使得靠近网关下的节点所含的孩子的尽可能的均衡。从以上两个方面,可以提高网络寿命。

CMSLM 算法分为以下两个步骤: 1)在给定距离限制  $L$  的条件下,如何移动基站选择尽可能多的网关

2)在给定的网关,如何构造平衡树使得靠近网关处的能量消耗均衡,从而使得网络寿命最大化

### 3.1 相关知识

能量模型<sup>[13]</sup>: 能量消耗取决于距离  $d$ , 当距离  $d$  小于阈值  $d_0$ , 用自由空间( $d^2$  能量消耗)模型, 否则用多信道衰减模型( $d^4$  能量消耗)。节点  $a$  传输 1-bit 信息到节点  $c$ ,  $a$  与  $c$  的距离为  $d$ 。

$a$  发送所消耗的能量为

$$E_{Tx}(l, d) = E_{elec}(l) + E_{amp}(l, d) = \begin{cases} lE_{elec} + l\epsilon_{fs}d^2, & d < d_0 \\ lE_{elec} + l\epsilon_{amp}d^4, & d \geq d_0 \end{cases}$$

节点  $c$  接收所需的能量为

$$E_{Rx}(l) = E_{Rx-elec}(l) = lE_{elec}$$

### 3.2 贪心算法选择最少的移动基站

在数据收集区域均匀布置  $M$  网关, 传感器通过多跳的形式把数据传送到相应的网关, 移动基站访问网关时, 收集网关的数据. 移动基站从源点出发, 访问网关, 最后回到源点为一个周期(轮), 由于一个移动基站的移动距离受  $L$  限制, 为了访问所有的网关, 需要多个移动基站. 移动基站的价格昂贵, 应该选择尽可能少的网关, 访问所有的网关.

当一个移动基站访问所有的网关一次, 最后回到源点, 这是著名的 TSP 问题, NPC 问题. 接下来先用动态规划解 TSP 问题, 然后在距离限制  $L$  的条件下, 用贪心算法选出最少的移动基站.

#### 3.2.1 动态规划解 TSP 问题

图  $G=(V, E)$ ,  $V$  表示网关顶点集,  $E$  表示边的权值. 假设网关从源点  $s$  出发,  $d(i, V^R)$  从  $i$  节点出发遍历  $V^R$  (尚未被访问的网关集合) 一次, 最后回到  $s$  点的权值和. 如果  $V^R = \emptyset$ , 节点  $i$  不经过其他网关节点, 最后回到  $s$  点, 此时的  $d(i, V^R)$  为  $E(i, s)$ . 如果  $V^R$  非空, 此时  $d(i, V^R) = \min\{E(i, k) + d(i, \{V^R - k\})\}, k \in V^R$ .

综上

TSP 算法

输入: 图  $G=(V, E)$

输出: 遍历所有的  $V$  一次的最短距离  $D$

Begin:

初始化:  $s=1, V^R = \{V-s\}$

函数,  $d(i, V^R)$

{

if( $V^R = \emptyset, i \neq s$ )

return  $E(i, s)$ ;

else

return  $\min\{E(i, k) + d(i, \{V^R - k\})\}$

}

$D = d(1, V^R)$

End

#### 3.2.2 移动基站的个数选择

网关用  $Gate = \{g_1, g_2, \dots, g_M\}$  集合表示,  $g_i$  的访问标志  $flag_i$  为 0, 移动基站的数目用  $N$  表示, 开始为 1:

第一步: 当前移动基站移动距离为  $min\_length=0$ ,  $V_N = \emptyset$ .  $V_N$  表示第  $N$  移动基站当前所访问的网关集合.

第二步: 按序遍历  $flag_i$  为 0 的  $g_i$ ,  $V_N = V_N \cup \{g_i\}$ ,

$min\_length = TSP(G)$ , 其中  $G=(V_N, E)$ ,  $E$  为以  $V_N$  顶点构成的完全图的欧拉距离. 如果  $min\_length \leq L$ ,  $flag_i=1$ . 否则,  $V_N = V_N - \{g_i\}$ .

继续遍历下一个  $flag_i$  为 0 的  $g_i$ , 如果不存在调用第三步, 否则调用第二步.

第三步: 如果所有的网关的  $flag_i=1$ , 返回  $N$ , 否则  $N++$ , 调用第一步.

### 3.3 平衡树的构造

在这个部分, 通过 3.2 节贪心算法可知第  $i(1 \leq i \leq N)$  移动基站要遍历相应的  $V_i$  的网关集合, 靠近  $Gate$  的传感器需要传递其他节点的数据, 消耗能量多, 每轮需要  $r*N$  个传感器工作, 其余休眠.

本节先用 BF(Breadth First)算法, 添加一个虚拟网关, 广度遍历构造树, 节点数大于  $r*N$  的树. BF 算法生成的树, 假设树的高度为  $H$ , 树高为  $h$  的子孙节点为  $\sum_{i=h+1}^H ch(i)$  ( $ch(i)$  为第  $i$  层的节点数), 可知树高为  $h$  的子孙

数目不变, 但是每层节点之间所含的子孙个数不同, 导致每层节点能量消耗不均衡. 本节提出的 BTBF 算法, 对 BF 生成的树按层  $h$  处理,  $h$  从 4 开始, 增加到  $H$  为止. 树高为 3 的节点和树高为  $h(4 \leq h \leq H)$ , 添加一个源点  $s$  和汇点  $t$ , 构造流网络,  $f$  为从  $s$  到  $t$  的流, 由于

第 3 层到  $t$  的容量  $C \in \left[1, \sum_{i=3}^h ch(i)\right]$ , 利用 2F 算法<sup>[9]</sup>计算出流量  $|f|$ , 找出最小的  $C$  满足  $|f| = \sum_{i=3}^h ch(i)$ , 第三层的

孩子节点数目尽可能的相等且小于  $C$ , 具体步骤如下.

构造图  $P(\text{virtual} \cup Gate \cup S, E)$ , 虚拟网关  $\text{virtual}$ ,  $S$  为传感器集合,  $Gate$  为网关集合,  $\text{virtual}$  到网关  $G$  的边权值为 0

$$E(i, j) = \begin{cases} 1, d(v_i, v_j) \leq d_0, v_i \in S \text{ 或 } v_j \in S \\ \infty, \text{ otherwise} \end{cases}$$

$S$  中节点到  $\text{virtual}$  的边权值为  $\infty$ , 以广度优先构造树, 具体算法如下:

算法一: BTBF 算法

在介绍 BTBF 算法之前, 先用 BF 算法, 建立树, 然后用 BTBF 算法对 BF 建立的树做调整, 使得靠近网关处的传感器能量均衡消耗, 提高网络寿命.

广度优先遍历算法 BF(Breadth First):

输入: 图  $P(\text{virtual} \cup Gate \cup S, E), r$

输出: 用  $Select$  集合表示选出  $N*r$  个的传感器

步骤如下:

a) 令 *Select* 为选择节点的集合, 开始为空集合, 设置 *virtual* 访问标志为 1, 把 *virtual* 放入队列 *Q* 中, 要出队列的数目为  $SIZE=|S|*r + |Gate| + 1$ ,  $|Gate|$  为网关 *Gate* 的个数,  $|S|$  为传感器 *S* 的个数

b) 如果 *Q* 非空且  $SIZE \geq 0$ , 否则调用步骤 c, *Q* 出队列的元素 *u*, 放入 *Select* 中, 把 *u* 的未访问的邻近点设置访问标志, 并放入队列中, 此时  $SIZE=SIZE-1$ , 进入 b) 执行.

c) *Select* 集合中的传感器工作, 其余的休眠  
伪代码如下:

Begin: mark virtual //标记虚拟网关被访问

push virtual into queue *Q* //把虚拟网关放入队列中

出队列的数目  $SIZE=|S|*r + |Gate| + 1$  //  $SIZE$  为树中节点的数目要求

while(!*Q*.empty &&  $SIZE >= 0$ )

{

$u=Q.pop()$  //出队列

push *u* to *Select*

$SIZE--$ ;

把 *u* 的邻边且未访问的加入到队列中; 设置访问标志

}

*Select* 中的传感器工作, 其余的传感器休眠.

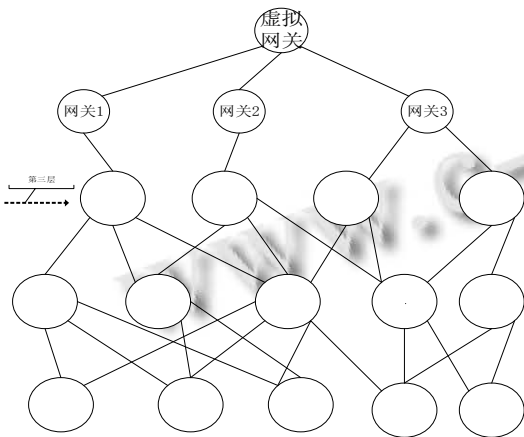


图 1 构造的图 P

由于广度优先生成树可能不均衡, 比如图 1 调用 BF 算法生成的树如图 2 所示.

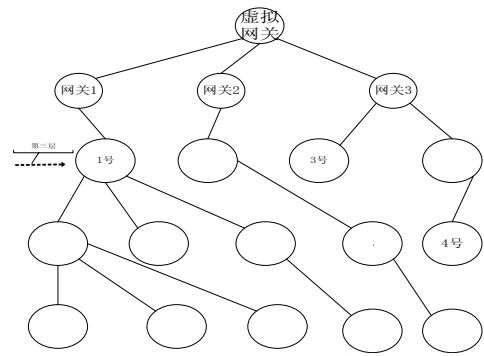


图 2 图 1 调用 BF 算法生成的树

此时 1 号传感器能量消耗最多, 而 3, 4 号还有许多剩余能量, 能量消耗的不均衡, 导致网络寿命减少.

用最大流的思想<sup>[2]</sup>构造均衡树, 由于能量消耗与孩子的个数线性关系, 节点的孩子越多, 接收和发送的数据越多, 消耗的能量越多. 第三层传感节点的能量是网络寿命的瓶颈, 如何使第三层的传感器所含有的孩子的数目近似均衡.

假设一个图的广度遍历生成树 *T*, 已知第 *n* 层到第三层的节点的孩子数目近似均衡, 到第 *n*+1 层的时候, 用最大流的方法, 构造流网络, 使的此时 *T* 的第三层也近似均衡. BF 算法生成树 *T*, 从 *T* 中第三层开始, 选择一个虚拟目标节点 *t*, 虚拟源节点为 *s*, 第三层所有的传感器到 *t* 的权值为 *C*.

在 *T* 第 *n* 层的 *d* 个传感器用  $SET_n = (n_1, n_2, \dots, n_d)$ ,  $|SET_n|$  为  $SET_n$  的个数. 网络图  $N(SET_3 \cup SET_{n+1} \cup s \cup t, E)$ .

从 *T* 的第 *n* 层到 *n*+1 层的时候, 第 *n*+1 层的节点  $node_{(n+1)}$  与 *T* 中第三层节点  $node_{(3)}$  的权值为 1, 当且仅当  $node_{(3)}$  在 *T* 中第 *n* 层中的某个孩子节点与  $node_{(n+1)}$  可以通信范围之内, 否则为 0.

*s* 到 *T* 第三层节点  $node_{(3)}$  的权值为  $node_{(3)}$  在 *T* 中从第四层到 *n* 层所含有的孩子数目, *s* 到第 *n*+1 层的节点的权值为 1.

$SET_3$  中的某个点  $node_i$ ,  $node_i$  在 *T* 中从第三层到 *n* 层的孩子的个数  $w_n(node_i)$ , 从 *s* 到  $node_i$  的权值为  $w_n(node_i)$ .

举例如下, 假设有 3 个网关, 从 3 层到 *n* 层已经生成了平衡树, 从 *n* 层到 *n*+1 层. 当  $n=3$  的是时候, 生成的  $N(SET_3 \cup SET_{n+1} \cup s \cup t, E)$ , 如下图 3.

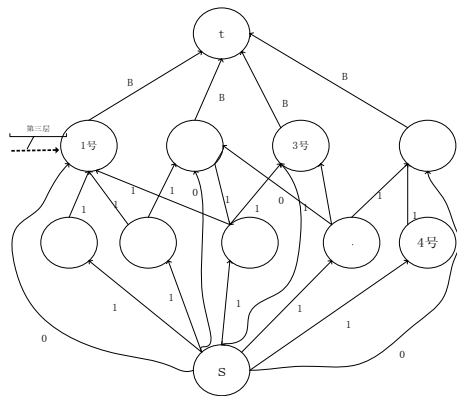


图 3 当第  $n+1$  层时构造的流网络图

用 2F 算法<sup>[9]</sup>思想, 每次选出一条增广路径, 直到没有增广路径为止, 就达到最大流。

BTBF(Balanced Tree of Breadth First)算法如下:

运用 BF 算法产生树为  $T$ , 树的高度为  $H$ . 高度为 3 的节点为能量的瓶颈,  $n$  为当前的树的高度, 开始为 3.

如果  $n$  大于  $H$ , 退出;

$C$  的最小值为  $C_{\min}=1$

$$C_{\max} = \sum_{i=3}^n ch(i), \text{ 其中 } ch(i) \text{ 为 } i \text{ 层的节点数, } SET_{(n)}$$

为  $n$  层节点的集合,  $|SET_{(n+1)}|$  为  $SET_{(n+1)}$  的个数,  $node_n$  为  $SET_{(n)}$  的一个节点.  $C$  开始为  $C_{\min}$ .

a)构造  $N(SET_3 \cup SET_{n+1} \cup s \cup t, E)$ , 用 2F 算法, 判断流量  $f$ ;

b)如果  $f = \sum_{i=3}^{n+1} ch(i)$  终止,  $SET_{(n+1)}$  与  $node_{(3)}$  流量为 1 的时候, 从  $SET_{(n)}$  中选出一个  $node_{(3)} \in SET_{(n)}$  作为  $node_{(n+1)}$  的根,  $node_{(n)}$  是  $node_{(3)}$  的孩子, 同时也是  $node_{(n+1)}$  的双亲.

$n++$ ;

进入 a)执行;

c)如果  $f < \sum_{i=3}^{n+1} ch(i)$ , 令  $C++$ ;

否则退出.

### 3.4 CMSLM 算法具体实现

第 1 步: 调用 3.2 节的贪心算法, 选出最少的移动基站;

第 2 步: 运行 BF 算法, 生成树  $T$ , 被选择的节点工作, 没有被选择的点休眠. 用 BTBF 算法, 对  $T$  优化, 使得网关下的第一层孩子节点均衡;

第 3 步: 移动基站从源点出发, 变量选择的网关, 最后回到源点, 当有一个传感器能量耗尽, 网络寿命结束, 否则调用第 1 步.

## 4 实验仿真

在本节中, 在 Matlab 平台上, 对 CMSLM 与 LEACH<sup>[13]</sup>、DEEC<sup>[14]</sup>做生命周期比较, 假设有个平面  $N$ , 事前均匀部署了  $M$  个网关, 移动基站从源点出发, 经过其中相应的网关, 最后回到出发点, 在一个周期内, 传感器产生的数据为 4000bit, 要求  $r$  为 0.75.

表 1 默认参数

$N(m^2)$	200*200	400*400
$M$ (个)	1	2 4
传输半径 $R(m)$	40	
节点初始能量	2J	
$E_{elec}$	50nJ/bit	
$\epsilon_{fs}$	10pJ/bit/m <sup>2</sup>	
$\epsilon_{amp}$	0.0013pJ/bit/m <sup>4</sup>	
移动基站的移动距离 $L(m)$	500 600 700 800	
要求工作节点占的比例为 $r$	0.75	
数据包大小	4000bit	

没有特殊说明, 按上述的参数, 进行 200 次独立实验, 每次实验都采用不同的参数, 取实验的平均值

### CMSLM 与 DEEC 生命周期的比较

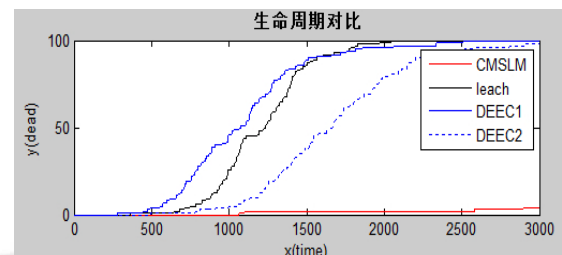


图 4 生命周期对比

如图 4,  $M$  个网关均匀放在  $N$  区域, 移动基站移动距离受  $L$  限制,  $r=100\%$ , 每次基站从源点出发用 CMSLM 算法选择的网关, 最后回到源点为一轮(或单位时间). 从图中可以看出, leachm 在 1600 轮出现死亡节点, 而 CMSLM 在 2400 出现死亡节点, 比 leach 要迟, 此外, 在相同的时间内, CMSLM 死亡的节点数目比 leachm 要少. DEEC1、DEEC2、LEACH 算法在相同的时间内死亡的数目比 CMSLM 算法的多, CMSLM 网络寿命有所提高.

如图 5 所示, CMSLM 在相同的时间内, 死亡节点的数目比 SRP-MS<sup>[15]</sup>要少, CMSLM 在 1200 轮的时候才出现死亡节点, SRP-MS 在 500 轮出现死亡节点.

CMSLM 算法比 SRP-MS 显著提高了网络寿命。

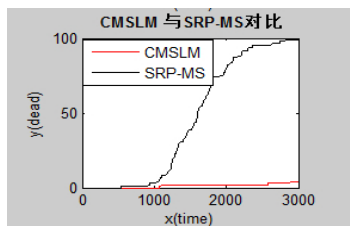


图 5 CMSLM 与 SRP-MS 生命周期对比

## 5 结语

无线传感网络有很多问题, 能量均衡是其中的一个方面. 综上 CMSLM 算法是 TSP 算法和 BTBF 算法的融合, 综合考虑了移动基站的数目和网关寿命, 选择出最少的移动基站, 访问所有的网关, 减少了移动基站的代价, 同时网络寿命有一定的提高, 使得靠近网关节点的能量能够均衡消耗.

### 参考文献

- 1 孙利民. 无线传感器网络. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- 2 Liang WF, Luo J, Xu X. Network lifetime maximization for time-sensitive data gathering in wireless sensor networks with a mobile sink. *Wireless Communication and Mobile Computing*, 2013, 13(14): 1263–1280.
- 3 Xu X, Liang W, Wark T. Data quality maximization in sensor networks with a mobile sink, 2011. Proc. of DCOSS, IEEE. Barcelona. 2011. 1–8.
- 4 Yun YS, Xia Y. Maximizing the lifetime of wireless sensor networks with mobile sink in delay-tolerant application. *IEEE Trans. on Mobile Computing*, 2010, 9(9): 1308–1318.
- 5 Behdani B, et al. Decomposition algorithms for maximizing the lifetime of wireless sensor networks with mobile sinks. *Computers & Operations Research*, 2012, 39(5): 1054–1061.
- 6 Xu X, Liang WF, Xu ZC. Minimizing remote monitoring cost of wireless sensor networks. *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*. Shanghai. 2013. 1476–1481.
- 7 Cormen TH, et al. *Introduction to Algorithms* second edition. MIT Press, 2003.
- 8 Marta M, Cardei M. Improved sensor network lifetime with multiple mobile sinks. *Pervasive and Mobile Computing*, 2009, 5(5): 42–555.
- 9 王树禾. 图论(第2版). 北京: 科学出版社, 2009.
- 10 吴斌, 史忠植. 一种基于蚁群算法的 TSP 问题分段求解算法. *计算机学报*, 2001, 12: 1328–1333.
- 11 束金龙. 线性规划理论与模型应用. 北京: 科学出版社.
- 12 郑宗汉. 算法设计与分析. 北京: 清华大学出版社.
- 13 Heinzelman WB, Chandrakasan AP, Balakrishnan H. An application-specific Protocol architecture for wireless microsensor networks. *IEEE Trans. on Wireless Communications*, 2002, 1(4): 660–670.
- 14 Younis O, Fahmy S. HEED: a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for ad hoc sensor networks. *IEEE Trans. on Mobile Computing*, 2004, 3(4): 366–379.
- 15 Javaid N, et al. SRP-MS: a new routing protocol for delay tolerant wireless sensor networks. *Canadian Conference of Electrical and Computer Engineering (CCECE)*. IEEE. Canadian. 2013. 1–4.