

## Using PSO to Realize Nodes Task Allocation of Muti-Target Tracking in WSN\*

LIU Mei<sup>1,2\*</sup>, XU Xiaoling<sup>1</sup>, HUANG Daoping<sup>2</sup>

(1. College of Computer and Electronic Information, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming Guangdong 525000, China; )  
(2. College of Automation Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Aiming at the competition conflict in node task allocation of WSN Multi-target tracking, a discrete particle swarm optimization algorithm based on nearest neighbor is proposed. First, the mathematical model and objective function on multi-target tracking node task allocation is constructed. Then the node task allocation in PSO is initialized with the nearest neighbor algorithm, the objective function is taken as fitness function to guide particles flying and nodes optimal allocation can be achieved quickly. Experimental results show that the energy consumption based on PSO is reduced greatly compared with the classical nearest neighbor method. The PSO method can effectively solve the problem of the competition conflict in MTT node task allocation and the increment of system energy consumption when dynamic coalitions compete and conflict for the resource of sensor nodes. The best compromise of system power and precision is achieved. PSO algorithm has the advantage for the practical application of WSN multi-target tracking.

**Key words:** wireless sensor networks (WSN); muti-target tracking (MTT); task allocation; particle swarm optimization (PSO)

EEACC: 6140B; 6140M; 6210C

doi: 10.3969/j.issn.1004-1699.2010.09.025

## 应用粒子群优化分配 WSN 多目标跟踪节点任务\*

刘 美<sup>1,2\*</sup>, 徐小玲<sup>1</sup>, 黄道平<sup>2</sup>

(1. 广东石油化工学院计算机与电子信息学院, 广东 茂名 525000; )  
(2. 华南理工大学自动化科学与工程学院, 广州 510640)

**摘 要:** 针对 WSN 多目标跟踪时传感器节点任务分配竞争冲突问题, 提出一种基于最近邻的离散粒子群优化节点跟踪任务分配算法。通过构建多目标多传感器节点联盟协同跟踪任务分配问题的数学模型和目标函数, 采用最近邻法对粒子群节点任务分配进行初始化, 以目标函数作为适应值函数指引粒子飞行, 快速实现节点优化分配。实验表明: 在节点覆盖较稀疏情况下, 粒子群优化节点任务分配方法与最近邻方法相比, 能耗大大减少, 并能有效解决多目标跟踪节点任务分配冲突问题和多个监测联盟对传感器资源竞争冲突时系统能耗增加的问题。PSO 算法对于实际环境的 WSN 多目标跟踪具有优越性。

**关键词:** 无线传感器网络; 多目标跟踪; 任务分配; 粒子群优化

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1004-1699(2010)09-1334-06

目标跟踪是无线传感器网络 (Wireless Sensor Network, WSN) 的主要应用, 节点任务分配是目标跟踪的重要组成部分<sup>[1-2]</sup>。WSN 特有的超大规模、拓扑结构动态变化、资源严重受限等特点给节点协同任务分配机制带来了挑战。尤其是当 WSN 监测区域出现多个目标, 且多个目标接近 (或相遇) 时, 如何优化分配传感器节点任务构成多个动态监测联盟

进行协同跟踪, 在保证跟踪准确度的同时, 降低网络能耗, 是当前 WSN 目标跟踪研究的难题<sup>[3-4]</sup>。

在现有节点任务分配协同跟踪技术中, 文献 [5] 选择距离目标最近的三个传感器节点组合对目标定位跟踪, 该方法原理简单, 实现容易, 但只针对单目标, 并且没有考虑节点随机分布和通信能耗等因素。文献 [6] 提出一种自治节点选择方法, 虽然

考虑了定位精度和能量因素,但是没有考虑多个目标同时出现时传感器竞争冲突的问题。文献[7]提出集中式任务分配的协作信号处理方式,所有信息都由一个联盟探测,容易造成单个联盟能量消耗太大而失效甚至网络瘫痪。文献[8]和[9]分别采用线性规划和动态规划进行多目标传感器节点任务分配,但均存在约束复杂和组合爆炸 NP-hard 的问题。文献[10]以降低组成联盟时系统的通信能耗为目的,采用最小能量准则建立目标函数,以弹性神经网络实现对多目标多传感器节点任务进行优化分配。

本文针对多目标跟踪节点任务分配竞争冲突和多个监测联盟对传感器资源竞争冲突时系统能耗增加的问题,在保证目标跟踪精度前提下降低系统通信能耗为目标,把多目标跟踪节点任务分配问题表述为一类约束的组合优化问题。基于粒子群优化(Particle Swarm Optimization, PSO)算法<sup>[11]</sup>是一种实现简单,可调参数少,易于实现的高效并行优化算法,在求解大量非线性、不可微和多峰值的复杂问题的良好表现,本文采用离散 PSO 算法实现多目标跟踪节点任务优化分配。

## 1 多目标跟踪节点任务分配问题

### 1.1 任务分配问题的内容

WSN 目标跟踪系统单个节点能量、存储容量、计算能力和通信带宽等都比较有限,很难独立完成复杂跟踪,通常通过优化分配节点任务,实现多节点协同工作。

要实现目标的精确定位跟踪,每个目标至少需三个节点组成监测联盟<sup>[12]</sup>。若监测区域出现多个目标,则需构建多个监测联盟。当多个目标相近(或相遇),目标附近节点可能会出现任务分配的竞争冲突问题。如图1所示,假设 $t_0$ 时刻 $T_1$ 和 $T_2$ 两个目标接近,这时则需判断节点 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_4$ 是否

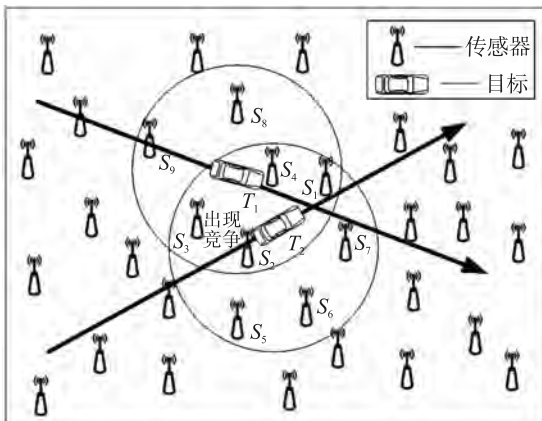


图1 传感器节点任务分配竞争冲突

跟踪目标和跟踪哪个目标的问题。在这种情况下,如果没有有效的优化分配方案,可能会导致网络资源失衡,网络能耗增加,甚至传感器节点失效,直致跟踪目标丢失。

假设监测区域中随机均匀部署 $N$ 个传感器节点,节点的覆盖保证待跟踪目标周围存在 $\geq 3$ 个可用传感节点(位置通过自定位技术确定)。设在 $t_0$ 时刻,监测区域内出现 $M$ 个目标( $N > 3M$ ),则需构建 $M$ 个监测联盟,即:

$$\Omega_c = \{c_1, \dots, c_m, \dots, c_M\}, c_m = \{s_{m1}, s_{m2}, s_{m3}\} \quad (1)$$

式中 $c_m$ 为第 $m$ 个目标监测联盟, $s_{mi}$ ( $i=1,2,3$ )为联盟内节点。节点分配问题可用如下矩阵描述:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{M1} & a_{M2} & \cdots & a_{MN} \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中

$$a_{mn} = \begin{cases} 1 & \text{第 } n \text{ 个节点加入第 } m \text{ 个联盟(监测目标 } m) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

考虑到节点能力、跟踪精度要求、网络资源平衡以及每个目标须有联盟跟踪,要求:一个节点在同一时刻只能加入一个联盟;每个目标的联盟须由3个节点组成,部署的节点至少是目标的3倍。因此,矩阵 $\mathbf{A}$ 中元素 $a_{mn}$ 的取值需满足:

$$\sum_{m=1}^M a_{mn} \leq 1 \quad n \in [1, N]; \quad \sum_{n=1}^N a_{mn} = 3 \quad m \in [1, M] \quad (4)$$

任务分配就是要建立一个优化分配目标函数,对多目标跟踪任务进行各种可能的联盟组合,求得总的任务分配目标函数值,从中选取最优目标函数所对应结果,作为优化分配的结果。

### 1.2 多目标跟踪节点任务分配目标函数

节点任务优化须综合考虑能量消耗和跟踪精度等性能指标。

(1) 能量消耗 节点能量消耗包括通信能耗、计算能耗和感应能耗等,其中通信能耗占能耗的大部分<sup>[12-14]</sup>。若采用无线电通信模型<sup>[13-14]</sup>,设 $d_0$ 是一个门限距离,当通信节点间的距离 $d < d_0$ 时用自由空间模型( $d^2$ 能量损失),当 $d \geq d_0$ 时用多路径衰减模型( $d^4$ 能量损失),用 $E_{Tx}/E_{Rx}$ 分别表示节点发送/接收信息能耗,则节点经过距离 $d$ 发送kbit数据的能耗由发射电路损耗 $E_{Tx\_elec}$ 和功率放大损耗 $E_{Tx\_amp}$ 两部分组成,表示为:

$$E_{Tx}(k, d) = E_{Txelec}(k) + E_{Txamp}(k, d) = \begin{cases} k \times E_{elec} + k \times \varepsilon_{amp} \times d^2, & d < d_0 \\ k \times E_{elec} + k \times \varepsilon'_{amp} \times d^4, & d \geq d_0 \end{cases} \quad (5)$$

而节点接收 *k* bit 数据消耗能量  $E_{Rx}$  为:

$$E_{Rx}(k) = E_{Txelec}(k) = k \times E_{elec} \quad (6)$$

其中  $E_{elec}$  为接收/发送电路接收/发送每比特信号的能耗;  $\varepsilon_{amp}$  和  $\varepsilon'_{amp}$  为节点放大电路在单位面积内传播每比特信号的能耗。由(5)式可以看出, 能耗  $E$  是通信距离  $d$  的函数, 在其它参数确定情况下, 通信距离  $d$  越大, 能耗  $E$  越大。因此, 本文能量采用通信距离来表示:

$$L = \sum d = \sum_{m=1}^M \sum_{\substack{n_1, n_2=1 \\ n_1 \neq n_2}}^N a_{mn_1} a_{mn_2} d_{n_1 n_2} \quad (7)$$

式中  $\sum_{\substack{n_1, n_2=1 \\ n_1 \neq n_2}}^N a_{mn_1} a_{mn_2} d_{n_1 n_2}$  为构成第  $m$  个联盟的三个节点两两之间的距离之和(即以联盟中的节点为顶点构成三角形的周长),  $\sum d$  为  $M$  个三角形联盟周长之和(即是  $M$  个联盟的通信距离)。优化任务分配的目的之一就是能耗最小化(可等效为  $\sum d$  最小化)。

(2)精度模型 从跟踪精度角度看, 一般来说, 在其它条件相同情况下, 监测联盟内的三个传感器节点与目标之间的距离越小, 所探测的数据越准确。所以, 在进行节点任务分配时尽可能选择距离目标最近的三个节点构成联盟, 即

$$\min \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N a_{mn} d_{mn} \quad (8)$$

式中  $d_{mn}$  表示目标  $m$  与其监测联盟中节点  $n$  的距离。

综合考虑能耗和跟踪精度两方面, 节点任务优化分配可以选择如下目标函数最小化, 即:

$$J = \min \left( \sum_{m=1}^M \sum_{\substack{n_1, n_2=1 \\ n_1 \neq n_2}}^N a_{mn_1} a_{mn_2} d_{n_1 n_2} + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N a_{mn} d_{mn} \right) \quad (9)$$

式中  $a_{mn}$  满足式(4)两个约束条件。任务分配的求解就是比较各种可能的节点联盟的目标函数, 选择目标函数最小的组合作为优化分配的结果。

## 2 多目标跟踪 PSO 节点任务分配算法

### 2.1 多目标跟踪 PSO 节点任务优化算法描述

PSO 算法是由 Kennedy 和 Eberhart 于 1995 年提出的一种基于群体智能理论的随机寻优算法<sup>[15]</sup>。PSO 通过模拟鸟群的捕食行为, 将问题的搜索空间

类比于鸟类的飞行空间, 将每只鸟抽象为一个无质量无体积的微粒用以表征问题的一个候选解, 这些“微粒”在解空间内以某种规律移动, 经过若干次迭代后找到最优解。在每次迭代中, 微粒通过跟踪 2 个“极值”来更新自己。第 1 个是微粒本身的最优解 pbest, 第 2 个是整个微粒群目前找到的最优解 gbest。找到这 2 个极值后, 每个微粒根据自己的飞行速度, 决定自身的走向及飞行距离。而最终通过优化所需寻找到的最优解则等同于要寻找的食物。

PSO 算法的数学描述为: 假设在一个  $D$  维的目标空间中, 有  $N$  个代表潜在问题解的粒子组成一个群, 其中第  $i$  个粒子表示为一个  $D$  维的向量,  $X_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD}]$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ ; 第  $i$  个粒子在  $D$  维搜索空间中的位置是  $X_i$ , 飞行速度是  $V_i = [v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD}]$ ; 记  $P_i$  为第  $i$  个粒子迄今为止搜索到的个体最优位置,  $P_i = [p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD}]$ ; 记  $P_g$  为粒子群迄今为止搜索到的全局最优值,  $P_g = [p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gD}]$ ; 每次迭代中粒子按以下两式更新速度与位置:

$$v_{i,j}(t+1) = wv_{i,j}(t) + c_1 r_1 (p_{i,j} - x_{i,j}(t)) + c_2 r_2 (p_{g,j} - x_{i,j}(t)) \quad (10)$$

$$x_{i,j}(t+1) = x_{i,j}(t) + v_{i,j}(t+1), j = 1, \dots, d \quad (11)$$

式中,  $i = 1, 2, 3, \dots, N$ ;  $t$  为迭代次数;  $w$  为加权因子, 在 0.1 ~ 0.9 之间;  $c_1, c_2$  为学习因子, 分别调节向个体和全局最好粒子方向飞行的最大步长, 合适的  $c_1, c_2$  可加快收敛且不易陷入局部最优, 通常令  $c_1 = c_2 = 2$ ;  $r_1, r_2$  是  $[0, 1]$  之间的随机数。粒子通过不断学习更新, 最后的  $P_g$  就是全局最优解。

WSN 节点任务分配问题是一个离散问题, 而基本 PSO 算法是针对连续问题而设计, 要解决 WSN 节点任务分配问题, 需要设计一个求解离散问题的 PSO 算法。因此, 本文对 WSN 节点任务分配问题的离散 PSO 粒子及操作进行定义: 粒子的位置  $X$  代表一种任务分配方案, 表示为  $X = (X_1; X_2; \dots; X_j; \dots; X_M)$ ,  $1 \leq j \leq M$ ;  $X_j = (x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{ji}, \dots, x_{jN})$ ,  $1 \leq i \leq N$ 。其中  $M$  为目标数,  $N$  为节点数;  $x_{ji} = 1$  表示分配第  $i$  个节点跟踪目标  $j$ ,  $x_{ji} = 0$  表示第  $i$  个节点不跟踪目标  $j$ 。

### 2.2 多目标跟踪 PSO 节点任务优化算法步骤

#### 2.2.1 粒子群初始化

粒子群的初始化如果没有任何先验条件, 一般按具体要求随机指定初始解。但若能根据一些先验条件来初始化粒子群, 则有助于更快搜索到最优解。根据目标跟踪要求, 在保证目标可通信半径内至少有三个可用节点前提下, 产生一个有效任务分配初始方案, 在实际初始化任务分配时, 为防止粒子搜索空间太大, 保证粒子群更快更准确地找到最佳分配

方案,这里选取与目标最近的三个节点作为初始值。

2.2.2 确定适应值函数、个体极值和全局极值

(1)适应值函数 在 PSO 算法中,适应值函数作为评价标准须能反映求解问题的目标要求及约束限制。WSN 节点任务分配问题是有约束的组合优化

$$pb_i(t+1) = \begin{cases} pb_i(t) & f(x_1(t+1), x_2(t+1), \dots, x_n(t+1)) > pb_i(t) \\ x_i(t+1) & f(x_1(t+1), x_2(t+1), \dots, x_n(t+1)) \leq pb_i(t) \end{cases} \quad (12)$$

(3)全局极值 即是群体中所有粒子经历过的最好位置  $gb(t)$ ,由下式确定:

$$gb(t) = \min \{f(pb_1(t)), f(pb_2(t)), \dots, f(pb_N(t))\} \quad (13)$$

PSO 算法依据式(10)(11)对粒子的速度和位置进行进化,若目标函数适应度达到足够好或进化到预先设定的数值,则输出优化分配结果,否则继续循环进行。算法流程如图 2 所示。

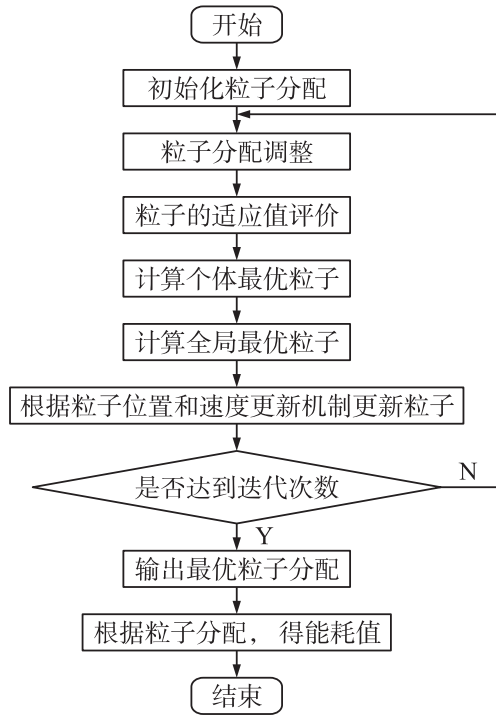


图 2 基于粒子群的任务分配流程图

3 实验与结果分析

在 MATLAB7.8 环境下对本文方法进行验证,在  $100\text{ m} \times 100\text{ m}$  的区域内随机均匀部署 60 个传感器节点( $S_1, S_2, \dots, S_{60}$ ),设传感器节点通讯半径为 20 m,监测半径为 20 m,并保证目标在移动过程中,任一时刻至少有三个节点可探测到目标。设在监测区域内有三个目标作匀速直线运动,目标初始位置分别为 $[60, 0]$ 、 $[0, 0]$ 、 $[60, 0]$ ,在  $X, Y$  方向上的运动速度分别为: $[-2, 4]$ 、 $[2.7, 4]$ 、 $[1, 3]$ 。目标 1 与 2 在运动大约 10 s 后相遇又分开。实验中采用

问题,优化节点任务分配就是要找出目标函数最小所对应的节点分配方案。因此,本文选取节点任务分配目标函数作为 PSO 算法适应值函数。

(2)个体极值 即是粒子  $i$  所经历过的具有最好适应度的位置  $pb_i(t)$ ,可由下式确定:

一组参数如下:采样间隔为 1 s;粒子群参数  $w = 1$ ,  $c_1 = c_2 = 2$ ,循环次数  $n = 100$ 。

图 3 为目标运动轨迹、传感器节点部署和目标运动到  $t = 12\text{ s}$  时刻节点任务分配选择情况。

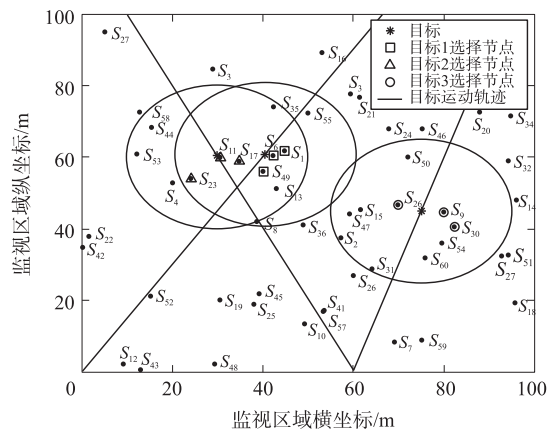


图 3 节点任务分配( $t = 12\text{ s}$ )及目标运动轨迹

由图 3 可见,当  $t = 12\text{ s}$  时,  $T_1, T_2$  相距较近,它们的探测区域大部分重合,在重合区域内的传感器节点  $\{S_{23}, S_{11}, S_{17}, S_1, S_6, S_{49}, S_{13}, S_8\}$  既可以探测到  $T_1$ ,也可以探测到  $T_2$ ,如果没有采取有效的优化分配方法,可能会引起节点分配的竞争冲突,导致网络资源失衡,网络能耗增加。本文通过建立多目标多传感器节点联盟协同跟踪任务分配的目标函数,以目标函数作为 PSO 的适应值函数指引粒子进化,有效协调多目标跟踪任务分配冲突问题,解决多个监测联盟对传感器资源竞争冲突系统能耗增加的问题,达到多目标跟踪传感器节点任务分配的能耗和精度的折中。优化分配结果是:重合区域内的节点  $\{S_{17}, S_{23}, S_{11}\}$  组成联盟监测  $T_1$ ,  $\{S_6, S_{49}, S_1\}$  组成联盟监测  $T_2$ ,  $\{S_9, S_{30}, S_{26}\}$  组成联盟监测  $T_3$ 。

表 1 列出了  $T_1$  在连续 20 个采样时刻用 PSO 进行任务分配并配以粒子滤波进行目标状态估计的目标位置跟踪误差,由表可见,目标位置预测最大误差为 3.4 m,满足实际应用需求。

为了对比能量消耗情况,用 PSO 方法和传统的最近邻方法(选择与目标距离最近的三个传感器节点组成联盟实现对目标跟踪)对目标进行 20 个时刻的仿真跟踪,图 4 是 2 种方法能量消耗的比较。

表1 T1 的跟踪误差/m

采样时刻	误差	采样时刻	误差
1	0.3	11	3.4
2	2.7	12	0.4
3	3.4	13	3.2
4	2.0	14	2.8
5	1.2	15	2.6
6	0.3	16	1.1
7	2.8	17	2.1
8	2.7	18	3.3
9	3.1	19	1.2
10	3.3	20	3.2

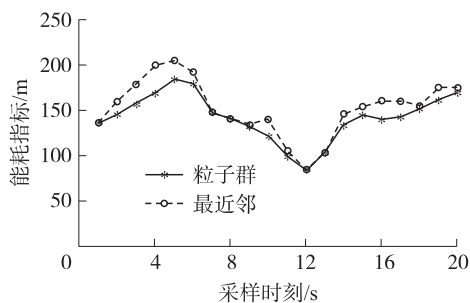


图4 不同方法的能量消耗比较

由图可见, PSO 算法的能耗整体上较最近邻法低, PSO 和最近邻法在 20 个时刻的平均能耗指标分别是 142.083 和 152.83, 与最近邻方法相比, PSO 算法的能耗平均降低 7.03%。实验结果还显示: PSO 参数取值和算法收敛速度也会影响目标跟踪效果, 根据实际情况恰当选择循环次数能提高算法实时性和降低网络能耗。另外, 在节点分布较密集且离目标较接近时, 由于节点与目标及节点与节点之间距离都相距较近, 这时, 最近邻算法与 PSO 算法结果差别不大; 但在联盟节点有较多选择且节点与节点之间距离较远的情况下, PSO 算法的能耗值远小于最近邻算法。而在实际 WSN 节点部署时, 节点分布及节点与目标之间距离一般不可能太密集, 由此可见, PSO 算法对于 WSN 节点部署的实际情况更具优越性。

#### 4 结束语

传感器节点协同任务分配机制是 WSN 目标跟踪应用研究非常重要的一部分。本文提出的基于最近邻的离散粒子群优化传感器节点跟踪任务分配算法, 能有效解决多目标跟踪节点任务分配冲突问题和多个监测联盟对传感器资源竞争冲突时系统能耗

增加的问题, 更加适于实际环境的 WSN 多目标跟踪节点任务分配。

#### 参考文献:

- [1] 李建中. 无线传感器网络专刊前言[J]. 软件学报, 2007, 18(5): 1077-1079.
- [2] Juan Liu, Maurice Chu, James E Reich. Multitarget Tracking in Distributed Sensor Networks[J]. IEEE Signal Processing Magazine. May 2007; 36-47.
- [3] Ma Hui, Brian W H. Collaborative Data and Information Processing for Target Tracking in Wireless Sensor Networks[C]//2006 IEEE International Conference on Industrial Informatics, 2006: 647-652.
- [4] Oka, A, Lampe L. Energy Efficient Distributed Filtering with Wireless Sensor Networks. Signal Processing[J]. IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Volume, 2008, 56(5): 2062-2075.
- [5] Yu Chee Tseng, Sheng Po Kuo, Hung Wei Lee, et al. Location Tracking in a Wireless Sensor Network by Mobile Agents and Its Data Fusion Strategies[J]. The Computer Journal, 2004, 47(4): 448-460.
- [6] L M Kaplan. Transmission Range Control during Autonomous Node Selection for Wireless Sensor Networks[C]//Proceedings of IEEE Aerospace Conference, Big Sky, 2004. IEEE, Piscataway: 2072-2087.
- [7] Frei B. Resource Allocation in Networks Using Abstraction and Constraint Satisfaction Techniques[C]//Proceedings of Constraint Programming, 1999. IEEE, Piscataway: 204-218.
- [8] J M Nash. Optimal Allocation of Tracking Resources[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control, New Orleans, 1977. IEEE, Piscataway: 479-482.
- [9] David A Castaon. Approximate Dynamic Programming for Sensor Management[C]//Proceedings of the 36th IEEE Conference on Decision and Control, February 1997. IEEE, Piscataway: 1202-1207.
- [10] 刘梅, 李海昊, 沈毅. 无线传感器网络空中目标跟踪任务分配技术的研究[J]. 宇航学报, 2007, 28(4): 960-971.
- [11] 陈国龙, 郭文忠, 陈羽中. 无线传感器网络任务分配动态联盟模型与算法研究[J]. 通信学报, 2009, 30(11): 48-55.
- [12] 刘美, 黄道平. WSN 中传感器节点的弹性神经网络任务分配方法[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2010, 38(6): 66-72.
- [13] 朱丁丁, 金心宇, 张昱. 基于能量优先分簇算法的 WSN 分层路由协议[J]. 传感技术学报, 2009, 22(4): 579-585.
- [14] Heinzelman WR. An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks[J]. IEEE Trans. on Wireless Communications, 2002, 1(4): 660-670.
- [15] Eberhart R C, Kennedy J. A New Optimizer Using Particle Swarm Theory[C]//Proc. Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science, Nagoya, Japan, 1995. 39-43.



刘 美(1967 - ),女,广东廉江人,广东石油化工学院计算机与电子信息学院副院长、副教授,华南理工大学控制理论与控制工程专业在读博士,主要研究方向为无线传感器网络,软测量技术,liumei165@126.com;



徐小玲(1984 - ),女,福建南平人,广东石油化工学院计算机与电子信息学院教师,主要研究方向为无线传感器网络,xuxling@163.com;



黄道平(1961 - ),男,广东龙川人,华南理工大学自动化科学与工程学院教授、博士生导师、副院长,主要研究方向为智能检测与控制,audhuang@scut.edu.cn。