

Research of Passive Infrared Wireless Sensor Network Target Tracing*

WANG Sen, CHEN Ying-wen, XU Ming*, DENG Gang

(School of Computer, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Target tracking in wireless sensor networks is a hot research issue. Passive infrared sensors are highly sensitive in detecting moving people. However, passive infrared detecting is mostly used in binary detecting but not in target tracing. This paper proposes a passive infrared target tracing model (PITM) for wireless sensor networks, which can detect the position and moving speed of the target with the cooperation of multiple infrared sensors. We validate the model by simulating, and the simulation results show that with the density of 24 sensors in 1 000 m², the average position error of PITM is about 0.5 m. With the density of node increasing, the average target position error is decreasing.

Key words: wireless sensor networks; target tracking; passive infrared

EEACC: 6150E

无线传感器网络被动红外目标跟踪技术研究*

王 森, 陈颖文, 徐 明*, 邓 罡

(国防科学技术大学计算机学院, 长沙 410073)

摘 要: 无线传感器网络的目标跟踪技术是目前研究的热点之一。被动红外传感器对活动的人具有较高的灵敏度, 而目前被动红外多用于二元目标检测, 并未实现目标定位, 限制了被动红外的应用。本文提出了无线传感器网络的被动红外目标跟踪模型 PITM。在该模型中, 多个红外传感器节点通过协同可以确定目标的位置和运动速度。仿真实验表明, 当节点密度为每 1 000 m² 24 个节点时, 定位平均误差在 0.5 m 左右, 且节点密度越大, 定位误差越小。

关键词: 无线传感器网络; 目标跟踪; 被动红外

中图分类号: TP393.03; TN215

文献标识码: A

文章编号: 1004-1699(2008)11-1929-06

目标实时监控及位置服务是无线传感器网络的研究热点之一。无线传感器网络自身很多特点可以很好地支持这些应用。无线传感器网络由大量可以通信的, 配备各种传感器的节点组成, 这些节点能够以较高的密度布撒在待检测目标的周围, 在近距离采集目标数据, 从而降低测量中的误差。其次这些传感器节点可以自组织成网络, 由自身电池供电, 在战场、地震灾害后等恶劣环境下不需要基础设施, 能够迅速建立起检测系统。而且这些网络中的节点具有处理能力, 节点间通过信息交换可以进行数据处理, 降低数据的冗余。所以通过无线传感器网络实现目标跟踪有着传统手段难以比拟的优势。

国内外有很多关于无线传感器网络目标跟踪的

研究, 主要的应用包括位置服务和目标检测。

① 位置服务是一种具有很大潜在商业价值的应用, 因此 GPS 定位系统得到了世界范围的普及。然而, 众所周知, GPS 系统并不能应用于室内的定位。针对这一问题, Priyantha 等人在传感器平台上研制 Cricket 定位系统^[1]很好地解决了室内的定位问题。Cricket 是利用目标的所携带的装置发射具有标记的射频信号和超声波信号, 通过计算超声波信号的传播时间进行定位。此外, B Kusy 等人将室内定位技术应用于仓库管理(asset tracking)^[2], 通过将传感器节点附着在物品上, 利用节点移动时产生的多普勒频移来确定目标的位置, 实现仓库物品跟踪管理。

基金项目: 国家自然科学基金资助(60773017)“可生存的车载网络环境数据可用性关键技术研究”

收稿日期: 2008-06-05 修改日期: 2008-08-19

② 入侵目标的检测是无线传感器网络另一个重要的应用,主要通过检测目标的声音、磁场、震动、红外辐射等信号对目标进行定位。这些检测方式往往是一种双元检测模型,即检测信号的强度随着距离的增大而减小,当目标距离传感器节点小于一定范围时,信号强度大于一定的阈值,这时认为目标出现。N. Shrivastava 提出了在双元模型下的目标跟踪模型^[3]。在 He Tian 等人设计的 Vigil Net 系统^[4]中,融合了多种检测手段,通过磁场变化和噪声强度检测车辆的运动,通过被动红外检测运动的人,但只能检测人是否出现。

被动红外传感器对人体运动很敏感,而且价格低廉,目前被广泛使用在安全防盗领域。被动跟踪技术被广泛使用在雷达、声纳等跟踪设备上,而被动红外却因为检测信息量少,不能应用于目标跟踪。高学彬等人提出了被动红外的无线传感器网络检测模型^[5],通过单个被动红外节点确定目标的方位。而利用多个节点的数据可以得到目标更多的运动信息^[6]。我们通过对被动红外模型的分析,提出利用菲涅耳透镜产生的红外视场,及目标通过视场时的信号特征计算目标的位置和速度,提高了被动检测的精度。通过仿真实验验证了定位算法的性能,研究了在随机运动模型下不同节点密度对定位精度的影响,可以为工程实践提供依据。

1 被动红外目标跟踪

1.1 红外检测模型

被动红外传感器是利用热释电原理,将目标辐射的红外线转换成电信号,主要由高热电系数的热释电材料做成的敏感元和滤光镜片组成。这种热释电材料在温度恒定时,表面产生极化电荷,并吸附空气中的电荷,表现为电中性。当吸收红外辐射后,自身的极化电荷随着本身温度变化发生改变,但是吸附的电荷跟不上极化电荷变化的速度,此时平衡破坏,向外显电性。通常红外传感器内部用两个特性相同、极性相反的红外敏感元串联组成,如图 1。静态时两个敏感元对环境作用的响应几乎相同,可以有效消除环境波动的干扰。当有人经过红外探头时,两个敏感元接收到的辐射不同,从而向外输出一个波动的信号。

虽然红外辐射是不可见的,但是它的聚焦原理与可见光相同,在红外探头前加装光学系统可以增加探测的距离^[8]。菲涅耳透镜是一种常用的红外光

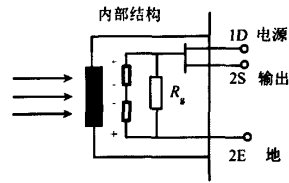


图 1 被动红外探测器结构

学透镜,由多面镜面组合而成,每面透镜保持了透镜的曲率,红外传感器通过多面透镜可以形成较大的视场。传感器内部的两个红外探元通过透镜产生两个虚像,两个探元虚像同镜头之间包围的区域称作 beam^[5]。人通过这束 beam 时,人体的红外光线先后投射到两个不同的探元上,探头输出交变的信号,其过程如图 2。我们使用一种长区多段式的菲涅耳透镜,其产生的水平视场俯视图如图 3,图中一共包含了 9 个 beam。beam 之间既不重叠也不连续,把视场分割成“可见区”和“盲区”^[8]。这种视场有一个重要的性质:可见区之间的夹角是一个固定值。下一节介绍如何利用该夹角以及目标物体通过可见区时产生的信号间隔来对目标进行定位。

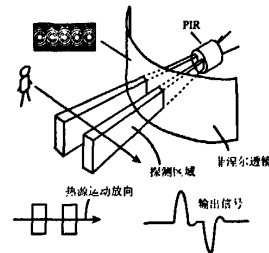


图 2 红外检测原理

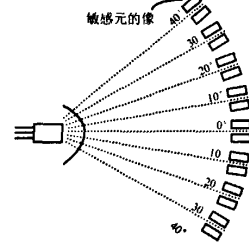


图 3 菲涅耳透镜视场图

1.2 PITM 模型原理

在图 2 中我们可以看到目标通过一个 beam 时会产生两个相位相反的信号,那么波峰波谷之间就可以用来表示两个虚像中心的位置。我们用一个“辐型”表示红外传感器视场,一根“辐条”的角度为一对虚像的角度,一根“辐条”可以用来表示一个 beam。当目标穿过视场时,我们得到目标通过每个

beam 的时刻,如图 4(a)。由于 beam 之间的夹角由透镜的型号决定^[7],不妨假定采用的透镜为每个 beam 之间的夹角为 10°。物体穿过视场的这段时间里可近似看作匀速直线运动。当目标通过三个 beam 之后就可以确定“运动夹角”,即目标运动方向同目标与节点连线之间的夹角,如图 4(b)所示,箭头表示目标的运动方向,三个 beam 为 beam₁、beam₂、beam₃,通过的时刻为 t₁、t₂、t₃,β 为 t₃ 时刻的运动夹角,α 为 beam₂ 与垂线的夹角。

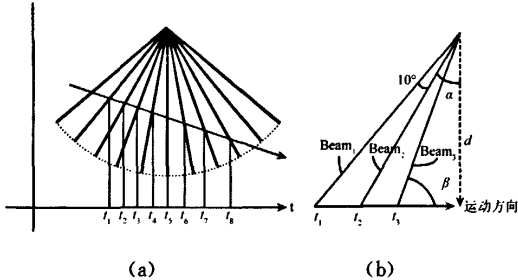


图 4 目标运动与传感器节点几何关系图

利用图 4(b)所示的三角关系可以列出如下:

$$\frac{d \times \tan(\alpha + 10) - d \times \tan(\alpha)}{d \times \tan(\alpha) - d \times \tan(\alpha - 10)} = \frac{v \times (t_2 - t_1)}{v \times (t_3 - t_2)} \quad (1)$$

其中: d 为顶点到目标运动直线的距离, v 为目标速度,式(1)化简得:

$$\alpha = \arctan\left[\frac{n-1}{n+1} \tan(80)\right] \quad (2)$$

其中: $n = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_2}$, 当 $t_2 - t_1 > t_3 - t_2$ 时

$\beta = 100 - \alpha$; 当 $t_2 - t_1 \leq t_3 - t_2$ 时 $\beta = 100 + \alpha$ 。

假设无线传感器网络中的红外节点通过加装 GPS 模块能够知道自身位置,或者使用基于 RS-SI^[9]的定位算法也能够确定自身的位置。节点之间可以通过参考广播^[10]等时间同步算法使整个网络同步。时刻 t₃ 是网络中的绝对时间,此时的角度 β 是两个矢量的夹角,其中一个矢量是目标的速度,另一个是以目标为起点红外传感器节点为终点的矢量。在水平面内,物体速度的矢量为 (v_x, v_y)。目标的位置用 (x, y) 表示,节点坐标用 (x_i, y_i)

表示,目标同节点连线的矢量为 (x_i - x, y_i - y)。根据矢量夹角公式

$$\cos\theta = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|} \quad (3)$$

夹角 β 可以表示为:

$$\cos\beta = \frac{v_x \times (x_i - x) + v_y \times (y_i - y)}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2} \times \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}} \quad (4)$$

目标的状态可用向量 (x, y, v_x, v_y)^T 表示, x, y 表示横纵坐标, v_x, v_y 表示 x 轴 y 轴方向的速度。当 n 个红外传感器节点同时检测到同一个目标时(如图 5 中 4 个传感器节点同时检测到目标),每个节点都能计算目标运动夹角的余弦值,这些余弦值可以用向量 $\vec{b}(\cos\beta_1, \cos\beta_2, \dots, \cos\beta_n)^T$ 来表示, β_i 为第 i 个节点的运动夹角观测值。我们定义观测方程组 F 为:

$$b = F(c) \quad (5)$$

那么其中有 $b_i = \cos\beta_i$,

$$F_i = \frac{v_x \times (x_i - x) + v_y \times (y_i - y)}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2} \times \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}}$$

当 n >= 4 时,通过求解非线性方程组 $b = F(c)$,即可获得目标的位置轨迹。

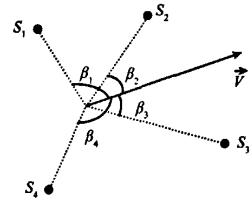


图 5 多个节点同时检测到目标

然而,大部分情况下多个红外传感器节点并不能同时检测到目标,如图 6 所示,因此需要重新建立观测模型。不妨设在 t₁ 时刻 s₁ 节点观测夹角 β₁,此时系统用向量 $\vec{C}(x, y, v_x, v_y)^T$ 表示。在 t₂ 时刻 s₂ 节点观测到夹角 β₂。我们假定在这段时间内,目标是做匀速直线运动的, t₂ 时刻的目标的坐标为 (x - (t₁ - t₂) × v_x, y - (t₁ - t₂) × v_y)。 t₂ 时刻系统状态用 t₁ 时刻系统变量表示为:

$$\vec{C}_2 = (x - (t_1 - t_2) \times v_x, y - (t_1 - t_2) \times v_y, v_x, v_y)$$

此时的观测方程 F 也相应改变为:

$$F_i(c) = \frac{v_x \times \{x_i - [x - (t_1 - t_i) \times v_x]\} + v_y \times \{y_i - [y - (t_1 - t_i) \times v_y]\}}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2} \times \sqrt{[x_i - (x - (t_1 - t_i) \times v_x)]^2 + [y_i - (y - (t_1 - t_i) \times v_y)]^2}} \quad (6)$$

同理,通过求解非线性方程组 $b = F(c)$ 可以得到目标 t₁ (最近时刻) 的位置和速度,从而获得目标的运动轨迹。我们使用最小二乘法中的 Gauss-Newton 法^[11],寻找根 $c \in R^n$,使得 $\|F(c) - b\|$ 最小。由于系统状态方程是 4 维变量, n 必须大于等于 4 才能解方程组。

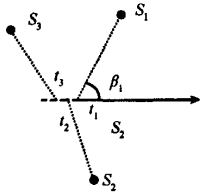


图6 多个节点未同时检测到目标

2 仿真实验

2.1 仿真环境

我们利用计算机仿真的方法来验证上述目标跟踪算法的正确性和性能,仿真环境为:

① 假定每个传感器节点的装有4个红外探头,每个探头的探测角度为90°,这样每个节点使用透镜能够产生360°的视场,既包含36个beam.探测距离为15m.

② 网络中的节点在500m×500m的范围内随机分布.每个节点都可以将采集的数据发送到sink节点.

③ 目标轨迹用线段模拟,运动方向是线段同x轴正方向夹角,范围为0°~360°.速度为匀速2m/s.

④ 认为每个节点都可以将数据发送到汇聚节点.在文献[12]中仿真试验在500m×500m区域内,节点个数为10000个,我们实验中节点的个数小于这个值.

当目标经过某一个beam时,这个beam的节点计算运动夹角.节点将运动夹角和相应的时间值发送到sink节点.我们用Matlab编程模拟这个过程,sink节点汇集运动夹角并按时间序列排序.每个运动夹角可以列出一个观测方程,选取n≥4个方程组成方程组,调用非线性方程工具箱解方程组.每个方程组的根可以确定一个目标的位置.我们使用计算出的目标位置和目标的真实位置之间的距离差值总和除以目标位置的个数表示平均误差.此外,解非线性方程组时可能没有收敛到根,此时我们按照目标做匀速直线运动计算目标位置.

模型的建立假定了目标是做匀速直线运动的,实验中通过改变目标运动方向检验算法性能.还要检测观测方程中方程个数n和区域中节点密度对定位精度的影响.

2.2 实验结果分析

为了检验PITM,我们设计了4组实验来研究它的性能.首先我们绘出目标运动曲线来验证定位

算法的正确性;在之后的实验中,我们讨论了模型中的节点密度和算法中观测方程的个数对定位精度的影响;最后我们给出目标在随机运动情况下的定位精度.

实验1 讨论目标做折线运动时的定位误差,此时,节点个数为6000,观测方程个数n为5.在仿真实验中,当方程收敛到根 $\vec{C}(x, y, v_x, v_y)^T$ 时,根中的x,y表示目标的位置;当收敛不到根时,我们按目标做匀速直线运动,新的位置是上一时刻的位置加上上一时刻的速度乘以运动的时间.实验结果如图7所示,红色圆圈表示根据PITM模型求出的目标位置.图中我们可以看到在目标改变方向后,根据PITM模型求出的目标轨迹不连续,但是一段时间之后仍可以准确跟踪,这个实验得到的跟踪平均误差在0.2m以内.

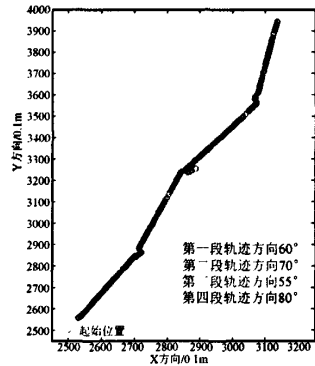


图7 节点个数6000时目标轨迹

实验2 研究节点密度对定位精度的影响,运动模型与实验1相同,通过改变节点的数量来改变节点的密度,实验结果如图8所示.从图8中的曲线可以看到节点个数大于4000个时可以得到较高的定位精度,而低于4000时,随着节点密度的降低定位误差增大较快.此时的节点密度是每1000m²有16个节点.工程实践当中,要同时考虑定位精度和工程成本的时候可以参考图8中的曲线.

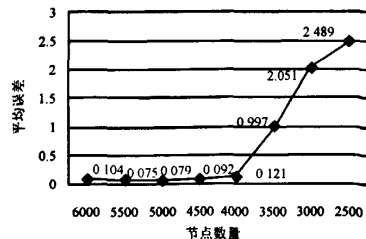


图8 节点密度与平均误差

实验3 讨论观测方程个数和定位精度之间

的关系。因为系统状态 $(x, y, v_x, v_y)^T$ 为 4 维变量, 观测向量的长度至少为 4。通过实验讨论 n 取 4 和 5 的时候定位的误差。每 60 s 内, 目标随机选取一个运动方向作一段匀速直线运动, 两种定位策略的平均误差见图 9, 可以看到在目标作直线运动时, 5 个观测方程比 4 个观测方程能够得到更好的定位精度。5 个观测方程时相当于 4 个求解方程和一个约束方程, 所以其定位精度高。观测方程为 5 个的时候要比 4 个时候增加更多的通信代价和计算代价。

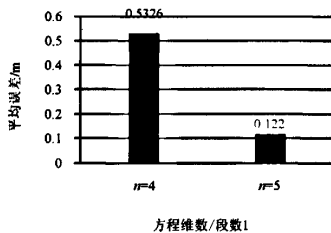


图 9 观测方程个数和平均误差

实验 4 检测目标随机运动时的平均误差。可以看到在相同时间内, 目标改变方向次数越多, 平均误差越大。我们仿真目标在 60 s 内运动方向改变了 1 次、2 次、3 次、4 次。每种情况下做 20 次, 求平均误差的平均值, 结果如图 10 所示, 横坐标是目标轨迹的段数。从图中可以看到当目每 12 秒改变一次运动方向的情况下, 仍可以得到较高的定位精度。

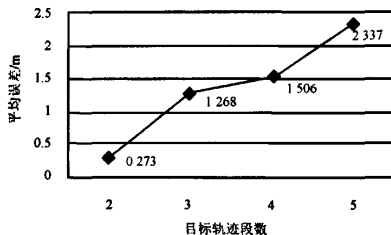


图 10 目标轨迹段数和平均误差

通过以上四个实验, 我们讨论了节点密度、定位算法参数、目标运动模型对定位精度的影响。仿真实验中, 节点密度的缺省值为每 $1\ 000\ \text{m}^2$ 有 24 个节点, 低于文献[12]中的节点密度要求。当方程维数为 4 时, 平均定位误差为 0.5 m, 并且定位误差随节点密度增加而降低。此外, 定位算法中采用 5 维观测方程比 4 维能得到更好的定位性能。在工程实践中, 对不同的定位精度要求参考本文的实验数据, 从而得到最好的效果。

3 结束语

无线传感器网络中的被动跟踪技术是目前研究的重点。本文提出了一种基于被动红外的定位跟踪模型 PITM, 可以用于跟踪活动中的人等目标。仿真实验验证了 PITM 的正确性, 并考察了运动模型、定位算法参数和节点密度等对定位精度的影响, 为实际工程系统提供参考依据。

下一步工作包括通过对集中式算法的研究, 设计分布式网内数据处理算法, 研究红外传感器的测量误差, 利用滤波模型平滑目标轨迹, 同时还包括实际系统的实现等。

参考文献:

- [1] Priyantha N B, Chakraborty A, Balakrishnan H. The Cricket Location-Support System[C]// Proceedings of ACM MOBI-COM. Boston, USA, ACM Press, 2000:32-43.
- [2] Branislav Kusy, Akos Ledeczi, Xenofon Koutsoukos. Tracking Mobile Nodes Using RF Doppler Shifts[C]// Proceedings of the 5th International Conference on Embedded Networked Sensor Systems 2007, Sydney, Australia November 06 - 09, 2007:29-42.
- [3] Shrivastava N, Mudumbai R, Madhoo U. Target Tracking with Binary Proximity Sensors: Fundamental Limits, Minimal Descriptions, and Algorithms[C]// Proceedings of the 4th International Conference on Embedded Networked Sensor Systems 2006:251-264.
- [4] Tian He, Pascal Vicaire, Ting Yan. Achieving Real-Time Target Tracking Using Wireless Sensor Networks[C]// 12th IEEE Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium, 2006:37-48.
- [5] 高学彬, 张志强, 叶世强. 无线传感器网络中的被动式红外传感器模型[J]. 计算机应用. 2007(27), 1108.
- [6] 董辉, 卢建刚, 王智. 无线传感器网络中的节点关联规则挖掘[J]传感技术学报. 2007, (08): 823-826.
- [7] 陈永甫. 红外探测与控制电路[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004:408-411.
- [8] 雄建国, 朱白桦. 被动式(热释电)红外传感实验[J]. 物理实验: 2002(22):9-11.
- [9] Bahl P, Padmanabhan V N. RADAR Tan In-Building RF-Based User Location and Tracking System[C]// Proc. of the IEEE INFOCOM, 2000, 2, Tel Aviv; IEEE Computer and Communications Societies, 2000:775-78.
- [10] Sivrikaya Fikret, Yener Bulent. Time Synchronization in Sensor Networks; a Survey[J]. IEEE Network Magazine's Special Issue on Ad-Hoc Networking: Data Communications & Topology Control, 2004, 18(4):45-50.
- [11] Madsen K, Nielsen H, and Tingleff O. Methods for Nonlin-

ear Least Square Problems[R]. Tech. rep;2004.

[12] Jaehoon Jeong, Taehyun Hwang, Tian He. MCTA; Target

Tracking Algorithm Based on Minimal Contour in Wireless
Sensor Networks[C]// INFOCOM 2007 ,2371-2375.



王 森(1983-),男,国防科技大学计算机学院硕士研究生,主要的研究方向为无线传感器网络节点定位,时间同步,无线 mesh 网络,02061511@163.com



徐 明(1964-),男,博士,教授,博士生导师.现为国防科技大学计算机学院网络工程系副主任,主要研究领域为计算机体系结构、无线网络与移动计算技术等.



陈颖文(1979-),男,博士,讲师.分别于2003年和2007年在国防科技大学获得硕士学位和博士学位.主要研究方向为无线传感器网络的数据路由、数据查询等,ywch_nudt@hotmail.com



邓 翌(1983-),男,研究生,主要研究方向为无线传感器网络节点定位,gang.den@163.com

作者: [王森](#), [陈颖文](#), [徐明](#), [邓罡](#), [WANG Sen](#), [CHEN Ying-wen](#), [XU Ming](#), [DENG Gang](#)
 作者单位: [国防科学技术大学计算机学院, 长沙, 410073](#)
 刊名: [传感技术学报](#) **ISTIC** **PKU**
 英文刊名: [CHINESE JOURNAL OF SENSORS AND ACTUATORS](#)
 年, 卷(期): 2008, 21(11)
 引用次数: 0次

参考文献(12条)

1. [Priyantha N B, Chakraborty A, Balakrishnan H](#) [The Cricket Location-Support System](#) 2000
2. [Branislav Kusy, Akos Ledeczki, Xenofon Koutsoukos](#) [Tracking Mobile Nodes Using RF Doppler Shifts](#) 2007
3. [Shrivastava N, Mudumbai R, Madhoo U](#) [Target Tracking with Binary Proximity Sensors: Fundamental Limits, Minimal Descriptions, and Algorithms](#) 2006
4. [Tian He, Pascal Vicaire, Ting Yan](#) [Achieving Real-Time Target Tracking Using Wireless Sensor Networks](#) 2006
5. [高学彬, 张志强, 叶世伟, 吴健康](#) [无线传感器网络中的被动式红外传感器模型研究](#)[期刊论文]-[计算机应用](#) 2007(5)
6. [董辉, 卢建刚, 王智, 孙优贤](#) [无线传感器网络中的节点关联规则挖掘](#)[期刊论文]-[传感技术学报](#) 2007(8)
7. [陈永甫](#) [红外探测与控制电路](#) 2004
8. [熊建国, 朱白桦](#) [被动式\(热释电\)红外传感实验](#)[期刊论文]-[物理实验](#) 2002(8)
9. [Bahl P, Padmanabhan V N, RADAR Tan](#) [In-Building RF-Based User Location and Tracking System](#) 2000
10. [Sivrikaya Fikret, Yener Bulent](#) [Time Synchronization in Sensor Networks: a Survey](#) 2004(4)
11. [Madsen K, Nielsen H, Tingleff O](#) [Methods for Nonlinear Least Square Problems](#) 2004
12. [Jaehoon Jeong, Taehyun Hwang, Tian He](#) [MCTA: Target Tracking Algorithm Based on Minimal Contour in Wireless Sensor Networks](#)

相似文献(10条)

1. 学位论文 [阿拉姆](#) [无线传感器网络中协作的能量高效的目标跟踪协议研究](#) 2009

随着无线传感器网络技术的飞速发展,在变化的环境中利用传感器对目标进行跟踪、分析变得更加可行。目标跟踪是无线传感器网络中的一个具有挑战性的应用,在此过程中计算量大、能量有限、实时性要求强。网络生命期的长短在很大程度上取决于降低发射功率、发送消息数目、发现邻居的时间,以及一定时间内选择的参与跟踪的传感器节点的数目。对于上述问题,国内外已有很多文献进行了研究。本文提出了一种协作的能量高效的目标跟踪协议(Cooperative and energy-efficient target tracking protocol in wireless sensor networks, CET),通过减少感应和通信能量来达到节省网络中目标跟踪能量消耗的目的。

跟踪目标的对象称为跟踪者,如走动的人等。目标可能是任何移动对象如敌方车辆、入侵者或运动中的消防战士。网络中的每个节点都能进行监测、通讯、计算,其中一个处于活跃状态和工作状态的节点被当作信标节点负责监测,另外一个处于同样状态的节点作为该节点的备份以提高系统的容错性。一旦信标节点因为某些问题而发生错误,备份节点将承担监测的任务,监测将会根据跟踪者的要求而工作。每个传感器节点都具有计算能力,当任务完成后,信标节点转换为非活动状态。为了进行节点的状态转换,本论文设计了一个专门的节点唤醒机制,通过使用这种机制,信标节点相继处于活动状态,而其它节点则周期性地处于睡眠和唤醒状态,以充分利用网络的节能特征,达到很好的节能效果。

本论文的研究基于邻居合作的面感知路由,并且假设网络模型是圆盘模型,所有节点都部署在二维平面上。面感知路由是由相邻图(RNG)和Gabriel图(GG)来描述的,而相邻图和Gabriel图都是平面G上的有限点集。目标跟踪过程可以分为5个步骤:即网络初始化、目标监测、跟踪者移动判断、定位和目标移动方向估计,以及信标及备用信标节点选举。本论文主要研究如何缩短节点捕获目标的时间,防止由于节点错误、路由失败、跟踪失败而导致的跟踪丢失。在实际的无线传感器网络中,节点错误、链接错误是经常发生的。本论文提出了一种合作的、能量高效的目标跟踪协议(CET),该协议利用节点之间相互合作来避免不可预见的错误。特别地,如果有目标在跟踪过程中丢失或发生错误,允许靠近信标节点的同一个面内的邻居节点进行监测。即使在这种状态下,如果没有监测到目标,面内所有的邻居节点都会对目标进行重新定位。如果目标还没有监测到,附近面内的所有邻居节点都会对目标进行重新定位。如果监测都失败,则算法会重新初始化。CET协议使用一种基于预测的能量高效方法来估计目标的位置和方向,利用二维高斯分布来预测目标的下一个位置。一旦获得目标的下一个位置,就重新选出一个新的信标和备份信标节点。在CET协议中,假设网络中每个节点都能够局部地估计节点感应、数据处理、与邻居节点通信所消耗的能量。本论文利用OMNET++平台进行模拟实验,开展了广泛的模拟实验和深入研究,并进行了必要的实验数据收集。实验主要依据以下四个指标来评估所提出的协议:丢失率;首次捕获时间;预测误差;平均能量消耗;数据包开销。性能分析和模拟实验表明,CET协议性能明显优于另外两个现有的目标跟踪协议。本协议中,因为跟踪者不需要经常使用泛洪,并且也不需要调整面感知跟踪方向,所以跟踪者能够相对比较快地捕获到目标。本协议通过简化传感器节点的计算,减少传感器节点与跟踪者之间的数据传输量,从而在很大程度上减少了能量消耗。此外,当目标移动速度增大时,与另外两个跟踪协议相比,本协议需要发送的数据包的数量增长趋势更平缓。

2. 期刊论文 [彭勇, 王国军, 邢萧飞, PENG Yong, WANG Guo-jun, XING Xiao-fei](#) [无线传感器网络中一种自适应目标跟踪协议](#) -[传感技术学报](#) 2009, 22(3)

目标跟踪是无线传感器网络的一个基本应用,而能量高效是目标跟踪研究的一个重要目标。提出了一种自适应目标跟踪协议,该协议将传感器节点的状态分为睡眠状态、监测状态、跟踪状态三种状态;并对每个进行感应的传感器节点设置了节点权值,每个节点通过计算自己的节点权值来决策是否参与目标的跟踪,它在很大程度上减少了参与目标跟踪的节点数量,领导节点根据目标的运动速度来自适应地调整数据报告的频率,提高了能量利用率和跟踪精确度。模拟实验表明我们的算法具有良好的节能效果。

3. 学位论文 [胡海峰 无线传感器网络中基于移动代理的目标跟踪关键技术研究](#) 2007

无线传感器网络WSN具有节点数目众多、能量和无线通信资源受限、组成节点同构性等特点,本文采用一种分布式、渐进式的基于移动代理MA的网络架构,通过MA的智能性和迁移性,实现计算负载和节点本地资源的有效结合,可以降低网络负载,提高网络的扩展性、可靠性和实时性,在有效节能的前提下,提高WSN的QoS水平。特别在WSN目标跟踪的应用中,使用基于MA的计算模式可以简化复杂的分布式目标跟踪算法,把目标跟踪问题转化为MA的路由问题。

在MA分布式、渐进式的计算模式下,跨层协议优化设计和面向网络的信息处理NSIP相结合,以满足基于目标跟踪应用的WSN的QoS要求。因此,在新的基于MA的网络体系结构下研究WSN的目标跟踪问题,并以目标跟踪为背景研究跨层的协议设计和面向网络的信息处理(NSIP)技术,成为WSN中具有挑战性的课题,极具理论价值和前景,是下一代WSN应用发展必须突破的关键技术之一。如何在网络连接和目标运动随机变化的情况,以及节点观测数据之间存在不同的信息贡献量和空间相关性的情况下,以能量有效的方式设计出具有鲁棒性和高效的MA的路由算法,以满足WSN中目标跟踪应用的QoS需求,是基于MA的目标跟踪的关键技术。为解决上述问题,本文着重在跨层设计的基于功率控制的协作机会路由协议、基于MA的多分辨率数据融合路由算法、基于MA网络体系结构下的目标跟踪算法等方面有所创新,主要工作如下:

1) WSN中跨层设计的基于功率控制的协作机会路由协议提出基于功率控制的协作机会路由协议PC-CORP,在网络连接随机变化的特性下,增强了协议设计的鲁棒性,并以能量有效的方式提高数据的转发效率。文中以实际的无线信道模型为基础,使用跨层设计的方法,结合区域路由、会聚机制、睡眠机制和协作通信等对无线传感器网络的数据转发进行建模,引入开销很小的传输功率控制算法AIMD-PC,并且利用中继节点的协作进一步提高数据转发效率和协议的鲁棒性。2) WSN中基于移动代理的多分辨率数据融合路由算法提出了一种适用于无线传感器网络的基于移动代理的信息驱动的多分辨率算法MADM,移动代理根据各节点信息贡献量的估计,使用多分辨率算法收集、处理节点数据,并根据移动代理迁移路径上节点信息贡献量的最大值,动态决定其携带的数据量,以达到在节省能量的同时,提高跟踪的精度和容错性。

由于传感器节点密集分布在无线传感器网络监控区域,节点观测数据间的空间相关性和节点的资源受限性,是无线传感器网络的两个重要特性。本文提出基于空间相关性的移动代理路由算法SCMAR,以解决基于移动代理的空间相关性数据收集问题,以能量有效的方式对感知事件进行估计。SCMAR的基本思想是利用节点观测数据的空间相关性,在保证应用失真度要求的情况下,减少移动代理对冗余信息的搜集,尽量减少能量开销。

提出在无线传感器网络中基于移动代理的自适应数据融合路由AFMp算法,解决移动代理如何以能量有效的方式融合、收集相关性数据的问题。该算法综合考虑了移动代理在路由过程中传输能量和融合能量的消耗,并根据数据融合算法的能量开销和节能增益,对移动代理迁移到各节点时是否执行数据融合操作进行自适应调整,以达到在各种不同的应用场景中优化移动代理能量开销的目的。

3) 基于MA网络体系结构下的目标跟踪算法本文在信息驱动的路由问题DMAR的基础上,提出了一种适用于无线传感器网络中基于网格的移动代理目标跟踪算法和移动代理迁移节点的优化选择,以解决DMAR中信任度(Belief)更新和传感器节点信息贡献量估计问题。该算法对信任度进行非参数化表示,用基于网格的算法对序列贝叶斯滤波过程进行实现。并且利用目标位置预测和基于网格的算法在不预先获知传感器节点测量数据的情况下,对节点的信息贡献量进行估算。在资源受限的无线传感器网络中,该算法在降低计算复杂度、提高算法适用范围方面都有显著改进,在基于移动代理的网络体系结构下,结合跨层的协议设计和面向网络的信息处理(NSIP),提出主/从移动代理目标跟踪方案,在保持主移动代理MMA对目标跟踪的同时,协同从移动代理SMA以能量有效的方式提高目标跟踪的精度和容错性。

4. 学位论文 [冯颖 无线传感器网络的移动目标跟踪算法研究](#) 2007

传感器网络是计算机技术、通信技术中一个新的研究领域,它采用无线通信技术,由微小的传感器组成,节点具备感应能力、信息处理能力和无线通信能力,无线传感器网络可广泛应用于军事、环境、医疗保健、空间探索、减灾救灾及各种商业领域。定位和目标跟踪是无线传感器网络研究的重要,研究热点主要包括:降低无线传感器网络的功耗,尽量延长整个无线传感器网络的寿命;提高节点定位精度;增加目标运动轨迹的真实性。本文首先详细介绍了无线传感器网络的定位算法和目标跟踪算法国内外研究现状,并对各种不同的定位算法进行了分类总结。针对目前应用的实际情况,本文建立了一个目标跟踪模型,增加了移动节点与信标节点结合定位的功能。本模型详细描述了信标节点坐标预配置过程,模型工作采用移动节点主动请求获得信标节点提供定位服务的方式。

本文利用物体运动的连续性,将运动规律预测与距离测量相结合提出运动预测定位算法,该算法不需要额外的硬件支持,并且适应能力非常强,尤其在信标节点密度比较低的时候,获得了比较大的定位成功率和较高的精度。本文分析了Velocity Adaptive Target Tracking(VATT)算法的优点和不足,把加速度和运动方向作为新的目标跟踪预测条件来改进VATT算法,提高了轨迹描述的真实性。

最后,本文根据通用的算法性能评价标准,在仿真实验的基础上,采集了大量数据,与同类型算法进行比较,实验结论显示运动预测定位算法和改进后的VATT算法性能都有明显的提升。

5. 期刊论文 [王欣威,董慧颖,杨悦平 粒子滤波在无线传感器网络目标跟踪中的应用](#)—[传感器世界](#)2008, 14(3)

将粒子滤波(PF)算法应用于无线传感器网络(WSNs)的目标跟踪,并给出了粒子滤波实现的具体步骤。动态组织传感器网络节点成簇,实现了对网络中做匀速直线运动的单个目标的跟踪。分别采用扩展卡尔曼滤波(EKF)、无迹卡尔曼滤波(UKF)和PF算法进行了仿真试验。结果表明,在无线传感器网络目标跟踪领域,PF算法比EKF算法、UKF算法的滤波精度更高,性能更好,并且在实际应用中,由于该算法能够有效解决非线性、非高斯环境中的目标跟踪问题,实现简单而增强了可用性。

6. 学位论文 [张鸿 基于无线传感器网络的能量高效目标跟踪的研究与设计](#) 2008

基于无线传感器网络的目标跟踪是通过无线传感器网络的传感器节点间对目标的协作定位,来掌握目标的位置、速度、移动轨迹等信息。它是无线传感器网络的一项基本功能,也是无线传感器网络的一种典型应用,具有很深的理论研究价值,同时在战场、交通等领域有着很广的实际应用价值。

目前,针对基于无线传感器网络的目标跟踪的算法设计绝大多数局限于目标跟踪所属的应用层进行设计,而忽略了传感器节点硬件结构和网络协议栈等底层因素,缺乏对于一项具体应用从整体上把握。因此,尽管这些算法能在能量效率、跟踪反应的实时性等方面达到很好的性能要求,但是这种局限的算法设计对传感器节点和网络协议等底层设施提出了非常苛刻的要求。同样的,在拓扑结构,路由协议,时间同步等方面很多算法都从单一的层面上追求能量效率、鲁棒性等要求,而缺乏对系统整体的考虑。

本文针对基于无线传感器网络的目标跟踪,在网络拓扑结构、路由协议、时间同步以及目标跟踪四个方面,从整体上进行研究并设计了适用的算法。因此,本文根据目标跟踪的无线传感器网络的特点,在拓扑结构上从已有算法的基础上进行修改、整合,设计成一个能快速、稳定产生簇头的GAF算法;而在路由协议方面,本文把执行路由协议的角色定位在由拓扑控制过程中产生的虚拟单元格上,降低了路由协议与传感器节点的耦合度;在时间同步上,利用路由初始化时生成的层次结构和目标跟踪的数据传输特性,对已有的TPSN时间同步算法作简化处理;在目标跟踪的应用层上,则引入了Agent技术,利用Agent的分布式计算、移动性等特点,实现在目标跟踪过程中,对节点的高效管理。

7. 期刊论文 [张力,王国军,彭勇,ZHANG Li,WANG Guo-jun,PENG Yong 一种路径概率感知的无线传感器网络目标跟踪协议](#)—[计算技术与自动化](#)2009, 28(2)

目标跟踪是无线传感器网络的一种重要应用。目标跟踪协议可分为使用预测和不使用预测两种。许多使用预测的协议假设被跟踪对象保持当前的速度和方向继续运动,但是,在目标沿着一定路径运动时,当处于路径拐点或是分叉点,遵循这种假设的算法很有可能失败。因此,提出一种路径概率感知的目标跟踪无线传感器网络协议。利用路径的拐点和分叉点的目标方向概率信息来预测目标运动新的方向,并且根据节点相对于路径以及邻居的位置来分配能量、通信和运算的能量。提出与路径走向概率相适应的调度方式。概率分析表明,本协议提供更好的目标跟踪效果并且节省能量。

8. 学位论文 [彭勇 无线传感器网络中能量高效的目标跟踪协议研究](#) 2009

无线传感器网络由大量微型廉价的传感器节点通过自组织快速形成的一个无线网络,能够对大范围区域进行有效监测,因此被广泛应用于军事战场、环境监测、交通运输、医疗诊断等各个领域。目标跟踪是无线传感器网络中的一个基本应用,由于移动目标运动的不确定性,对移动目标进行高质量的定位跟踪成为一个极具挑战性的研究课题。

本论文提出了一种基于动态组的目标跟踪协议。首先将传感器节点状态划分为三个状态:睡眠状态、监测状态和跟踪状态,并设计了一个节点调度机制,使得节点在无目标时能够充分地保持睡眠状态;目标出现后节点能够及时被唤醒并参与目标的跟踪、监测目标并向领导节点发送数据。并为处于监测状态的节点设置了一个节点权值,通过节点权值决定节点是否参与目标的跟踪。最后,提出了一

个领导节点自适应发送数据报告方案,能够根据目标的运动状态动态地调整数据报告频率。模拟分析表明该协议有效地提高了网络中能量利用率。

本论文还提出了基于Delaunay三角剖分目标跟踪协议。该协议通过将几何位置上杂乱分布的传感器节点进行Delaunay三角剖分与Voronoi划分,因此每个节点都具有Delaunay三角形的几何特性。并将Delaunay三角剖分唯一性的特性与无线传感器网络的目标跟踪应用相结合,使得在跟踪过程中仅仅只有目标位置所在的Delaunay三角形的三个顶点参与目标的跟踪,选择目标位置所在的Voronoi多边形对应的节点作为信标节点。该目标跟踪协议减少了参与跟踪的节点数目,有效地提高了网络能量利用率。作为目标跟踪方案设计的目标,希望目标跟踪协议在能够准确地跟踪目标的同时,也具有能量的高效性。本论文设计的基于动态组的目标跟踪协议和基于Delaunay三角剖分的目标跟踪协议,合理地利用了无线传感器网络中进行目标跟踪应用的优势,并有效地提高了网络中能量利用率,对相关研究具有一定借鉴意义。

9. 学位论文 [潘旭武 基于无线传感器网络的目标跟踪研究 2007](#)

目标跟踪技术在军事和民用领域应用广泛。应用无线传感器网络的移动目标定位和跟踪技术是目前研究的热点,其中,高效地使用网络能量、保证目标跟踪的准确性是研究的关键技术之一。本文以在平原地带战场上跟踪车辆等移动目标为研究背景,在综述了基于无线传感器网络的目标跟踪和网络拓扑控制的研究现状的基础上,着重研究了面向目标跟踪的无线传感器网络拓扑控制和目标跟踪算法。论文完成的主要工作如下:(1)提出了面向目标跟踪的无线传感器网络的网络生存期和单元生存期概念,并建立了面向目标跟踪的无线传感器网络体系结构。(2)针对目标跟踪网络拓扑控制的要求,从虚拟单元的划分、节点角色的分配和簇头节点的选择方法三个方面,改进了GAF拓扑控制算法。(3)针对事件驱动分布式预测跟踪算法在节点能量使用方面的不足,从簇头节点的使用机制、监测区域中是否有目标出现时网络应对方法和簇内节点的休眠策略三个方面进行改进,使目标跟踪过程中网络能量消耗更低。(4)对节点部署、拓扑控制和单目标跟踪进行了仿真计算,实验结果证明,本文改进后的拓扑控制和目标跟踪算法既能保证目标跟踪的准确性又能充分使用无线传感器网络的能量。

10. 期刊论文 [杨小莹,彭刚, YANG Xiao-ying, PENG Gang 浅析无线传感器网络及其在目标跟踪中的应用 - 电脑知识与技术2008, 4\(31\)](#)

无线传感网(WSN, Wirelexs Sensor Networks)是新兴的下一代传感器网络,是当前在国际上备受关注的、涉及多学科高度交叉、知识高度集成的前沿热点研究领域。该文简要介绍无线传感器网络的体系结构,对无线传感器网络的特点及节点定位、时间同步等支撑技术进行了探讨,最后阐述了无线传感器网络在目标跟踪中的应用。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_cgjsxb200811025.aspx

下载时间: 2010年4月15日