

基于无线传感器网络的移动目标跟踪系统研究

吴伟,于成龙

(沈阳工业大学 电气工程学院,辽宁 沈阳 110870)

摘要:脉冲多普勒雷达(PDR)是一个超宽带雷达系统,不仅能探测目标位置,也可通过多普勒效应测量其径向速度。然而,传统的雷达信号处理技术与极限计算和典型无线传感器微粒上的存储资源不匹配。利用小型脉冲多普勒雷达作为传感器节点,通过设计一个新的目标跟踪系统来探索脉冲多普勒雷达和微型无线传感器节点的兼容性。该系统由几个PDR传感器节点组成,来检测移动目标的存在和位置,一个基站节点用来收集传感器节点的检测数据,一个算法来估计目标的位置。结果表明该系统有较小的偏差,可实现目标跟踪。

关键词:无线传感器网络;移动目标跟踪;脉冲多普勒雷达传感器;脉冲多普勒效应;传感器节点

中图分类号:TP29 **文献标识码:**A

Study on Moving Target Tracking System Based on Wireless Sensor Networks

WU Wei, YU Chenglong

(School of Electrical Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, China)

Abstract: The pulse-Doppler radar (PDR) is an ultra wideband radar system, not only can detect the target location, but also measure the radial velocity through the Doppler effect. However, the conventional radar signal processing techniques and the limit calculation don't match the storage resources of typical wireless sensor particle. By using miniature pulse Doppler radars as the sensor nodes, the compatibility of PDR with miniature wireless sensor nodes has been studied through the design of a new target tracking system. This system is composed of several PDR sensor nodes to detect the presence and position of the moving target, one base station node is used to collect the detection data from the sensor nodes, and an algorithm to estimate the location of the object. The results show that the system has smaller deviation, but it is enough to realize the target tracking.

Key words: wireless sensor networks; moving target tracking; PDR sensor; pulse Doppler effect; sensor node

0 引言

无线传感器网络(WSN)由于其具有成本效益的嵌入式处理器和先进的无线传输技术,常用于许多军事和民事应用。跟踪系统是WSN最受欢迎的应用之一,并被设计用来确定移动目标的空间信息^[1]。他们提供移动目标的跟踪包括两个基本步骤:检测目标的存在、位置和确定运动目标的方向^[2]。目前,最通用的方法是用一组被动红外感应器(PIR传感器)来触发警报提示移动目标并检测运动的方向、速度、数量和其他特征,这个方法适合在家、办公室或工厂环境部署一个监控系统。然而,如果目标的视线被挡住了PIR传感器则不起作用。可避免PIR问题的一种方法是用雷达传感器来替换PIR传感器。潜在的替代方法是用脉冲多普勒雷达(PDR)。PDR传感器可解决很多监视和跟踪应用程序共同的问题,而传统雷达信号处理技术与

极限计算和典型无线传感器微粒上的可用存储资源不匹配^[3]。嘈杂混乱的环境或信号光谱损坏加重了这种不协调。本文通过设计一个新的无线传感器网络跟踪系统来探索PDR和微型无线传感器节点的兼容性,该系统利用小型PDR作为传感器节点来探测移动目标的存在。

1 跟踪系统

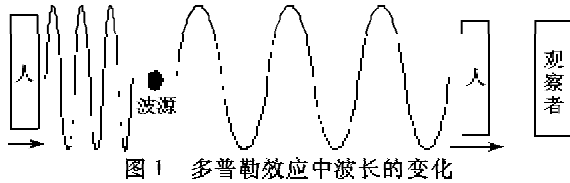
多普勒效应也称多普勒频移,当观察者相对波源移动其检测原理是基于波频率的变化。PDR通过传播一种短脉冲并检测其反射来工作。如果目标是移动的,它反射传播脉冲。与发射频率相比,接收到的频率将会是较高的(如果对象接近源),相同的(如果对象经过源)及较低的(如果对象远离源)。通过多普勒方程,反射脉冲的频率(f')与发射脉冲的频率相关。

收稿日期:2013-05-15

作者简介:吴伟(1969-),女,辽宁沈阳人,副教授,博士,主要从事智能机器人、数据融合和视觉伺服的研究。于成龙(1988-),男(满族),辽宁沈阳人,硕士,主要从事现代电力电子应用技术、传感器网络等研究。

$$f' = f \left(\frac{c}{c \pm v_0} \right) \quad (1)$$

式中： c 为光速； v_0 为物体速度。图 1 为多普勒效应中波长的变化。



1.1 组成部分

传感器节点由雷达传感器、无线传感器和计算板 3 部分组成。基站通过一个串行电缆连接到电脑并发送从传感器节点接收的数据到电脑上。

使用专为各种无线传感器网络(WSN)应用程序的一个小功率 PDR。它被设计成在系统上与微小电池供电的节点兼容。无线传感器平台包括 USB 编程能力,一个低功耗扩展内存单片机与一个可选的传感器套件。该系统中,无线传感器用来转换雷达传感器传来的模拟信号成数字数据,并将它们发送到计算板。计算处理后,结果送回无线传感器,无线传感器把结果送到无线环境中。计算板的处理器能在低电压低频率模式下运行,处理器有许多不同的低功耗模式如睡眠和深度睡眠。它集成了很多 I/O 选项,使其非常灵活地支持不同传感器。虽然计算板是一个无线传感器节点并有很好的计算能力,但它没有主板采集雷达传感器数据,也没 MAC 协议和一个完整的网络堆栈来建立可靠的通信。所以我们必须同时使用无线传感器来通信和计算板进行计算。

1.2 跟踪算法

图 2 为跟踪移动目标的拓扑结构。检测区域是六角形内的空间。六角形的每边长 6 m,在每个顶点有一个传感器节点。传感器节点彼此不通信,但它们直接发送感测数据到基站,然后将数据通过串行电缆发送给计算机。

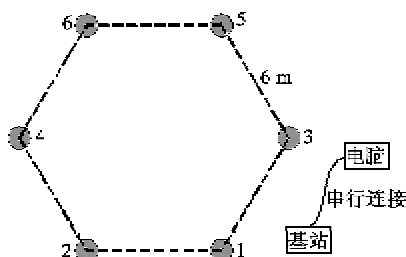


图 2 PDR 传感器拓扑机构

跟踪算法包括 5 个步骤,如图 3 所示。步骤 1~3 在传感器节点上执行,步骤 4 在基站上执行,步骤 5 在计算机上执行。初始化步骤在系统启动时只执行一次,其他步骤在一个不定式循环中执行。

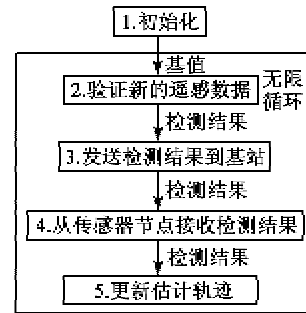


图 3 跟踪算法步骤

初始化,在第一个 30 s,传感器节点在其感应区域假设没有移动对象。这期间感测数据被用于计算基值,创建和传输检测结果,初始化后,传感器节点不断感知区域,并将当前感测数据与基值比较来决定检测区域是否有移动物体。判定值然后传到基站,然后送到电脑以估计目标的轨迹^[4]。轨迹估计,每个传感器节点位于一个特定的位置,状态分为“检测中”和“非检测中”。传感器节点的状态对应发送到计算机的数据。

$$s(i) = \begin{cases} 1 & \text{传感器检测目标} \\ 0 & \text{传感器未检测目标} \end{cases} \quad (2)$$

在检测区域特定目标的运动中,传感器节点通过基站连续发送决策数据到电脑上的跟踪应用程序。当接收一个新的决策数据时,跟踪应用程序通过计算所有检测传感器节点位置的平均值来计算目标的新位置。使用这些值的集合附加到决策数据上,应用程序生成一个分段多项式来绘制检测区中目标的估计运动轨迹。分别描述如何计算移动目标的新位置: x 、 y 坐标。

$$T_x = \frac{\sum_{i=1}^6 (X(i) | s(i) = 1)}{\sum_{i=1}^6 s(i)} \quad (3)$$

$$T_y = \frac{\sum_{i=1}^6 (Y(i) | s(i) = 1)}{\sum_{i=1}^6 s(i)} \quad (4)$$

式中： $X(i)$ 为传感器 i 的 x 坐标； $Y(i)$ 为传感器 i 的 y 坐标； T_x 为目标的 x 坐标； T_y 为目标的 y 坐标。

1.3 系统中的跟踪应用程序

要实现这个算法,开发 4 种不同应用。第一个应用程序部署在每个传感器节点,它负责转换模拟信号成数字数据,并发送这些数据到计算板进行处理,将结果送到基站节点。第二个应用程序部署在计算板,它负责接收数字数据并处理它们,将结果送回无线传感器。第三个应用程序部署在基站,接收传感器节点的数据并送到电脑中。最后一个应用程序用 Matlab 开发,部署在电脑中连接到基站,它接收数据并通过生成一个分段多项式来估计目标的位置并显示估计的轨迹^[5]。

2 实验结果

评估算法和系统的准确性,已测试很多次,实验中,采用 4 个跟踪场景模式来测量偏差误差。这些实验场景模式的平均误差显示如图 4~7 所示。

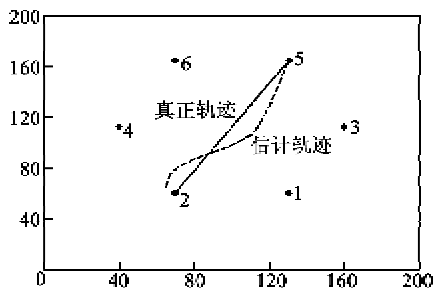


图 4 模式 1

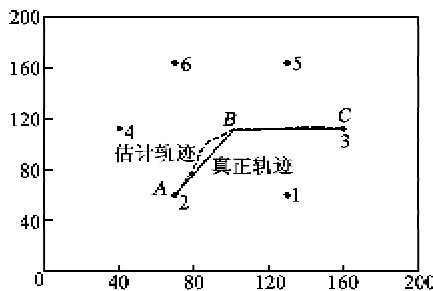


图 5 模式 2

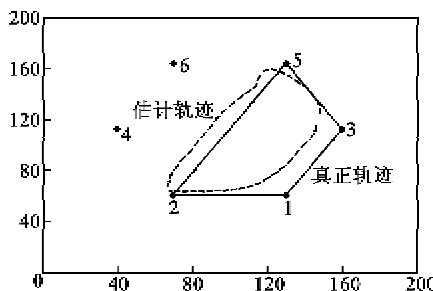


图 6 模式 3

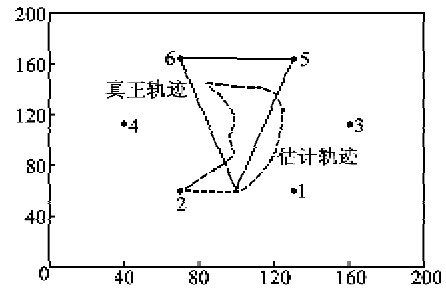


图 7 模式 4

图 4 中,从传感器 2 笔直走向传感器 5。误差偏差值(最小和最大)是所有实验偏差的平均值。通过数学计算,我们计算出最大偏差为 2.35 m,最小误差为 0.05 m。

图 5 中,从传感器 2 走直线到六角形的中心,从中心到传感器 3。这种情况下测量偏差,我们把整个轨迹分成两段,然后每一部分处理计算。该模式中,最大偏差为 1.35 m,最小误差为 0.02 m。

图 6 中,从传感器 2 到传感器 5,又到传感器 3、1,最后回到传感器 2。与前面类似,整个轨迹分为 4 部分并分别计算误差。结果是最大误差为 2.1 m,最小误差为 0.45 m。

图 7 中,从传感器 1 和 2 的中间到传感器 5、6,然后回到传感器 1 和 2 的中间。使用相同误差计算方法,我们得到该情况的估计精度,最大偏差为 3.3 m,最小误差为 0.02 m。

3 结束语

移动目标跟踪和许多民事军事应用一样重要。目前实现这种系统最流行的方法是用一组 PIR 传感器。然而,如果视线被挡住,PIR 传感器则不能检测目标。用超宽带雷达作为传感器提出一种新型跟踪系统,来克服 PIR 传感器的问题并验证 PDR 和微型无线传感器节点的兼容性。使用一个跟踪算法和相应的检测时间来估计目标的位置,该系统提供了一个平均误差小的较好跟踪结果。系统适合并可广泛应用于安全,环境管理等。

参考文献:

[1] AYSEGUL A, KEYHAN E, AYLIN K. Tracking fast moving target in wireless sensor networks[J]. IEEE Technical Review Journal, 2010, 27(1): 46.
 [2] YICK J, MUKHERJEE B, GHOSAL D, et al. Wireless sensor network survey[J]. Computer Networks, 2008, 52(12): 2292-2330.

(下转第 155 页)