

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.06.029

多传感器信息融合技术在无人平台避障中的应用

程虹霞, 骆云志, 朱松柏, 张春华

(中国兵器工业第五八研究所 军品部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为获得可靠准确的环境信息, 采用多传感器信息融合技术。介绍无人平台避障系统组成、避障信息处理和避障控制模型及策略, 通过对超声波传感器、红外传感器等多种传感器的数据融合, 研究多传感器信息融合技术在无人平台自主避障行为中的应用。实验结果表明, 该技术可以实现无人平台准确、快速避开障碍物, 为无人平台在各种复杂的、动态的、不确定或未知的环境中工作提供了一种技术解决途径。

关键词: 多传感器信息融合; 无人平台; 避障

中图分类号: TP273+.5; TP212.6 **文献标识码:** A

Application of Multi-Sensor Information Fusion Technology in Unmanned Platform Obstacle Avoidance

CHENG Hong-xia, LUO Yun-zhi, ZHU Song-bai, ZHANG Chun-hua

(Dept. of Armament Products, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: In order to obtain reliable and accurate environment information, adopt multi-sensor information fusion technology. Introduce the unmanned platform obstacle avoidance system composition, obstacle avoidance information processing and obstacle avoidance control model and strategy. Through data fusion for ultrasonic sensor, infrared sensor and other sensors, research on application of multi-sensor information fusion technology in unmanned platform automatic obstacle avoidance. The test result shows that the technology can achieve unmanned platform accurately, avoid obstacles in high speed. It provides a technology for unmanned platform working in intricate, dynamic, uncertain or unknown environment.

Keywords: Multi-sensor information fusion; Unmanned platform; Obstacle avoidance

0 引言

为实现无人平台的自主避障控制, 必须将充分的环境信息和能处理所获得的环境信息转化成控制信息。无人平台的周边环境信息需要通过传感器来收集, 并通过这些信息的融合处理建立起一个能以符号表达的环境模型, 提供给决策层先验知识, 在高水平层次上规划和实现自主避障行为。但在无人平台对外界环境探测的过程中, 由于环境和对象的复杂性及不确定性, 以及传感器自身品质、性能的影响, 采用单一传感器提供的外界环境信息有局限性和不确定性的特点。因此, 在实际应用中, 为获得全面有效的环境信息, 通常采用多传感器信息融合技术, 把多种同质或非同质信息或数据转换成对环境的有价值的解释, 以实现对外部环境的准确探测和处理。

1 多传感器信息融合技术现状

信息融合技术^[1]的研究始于 1973 年美国对军事 C³I 自动数据融合的研究, 1988 年, 美国国防部

将多传感器信息融合技术列为 20 世纪 90 年代重点研究开发的 20 项关键技术之一。从 1992 年起, 每年都投资一亿美元用于多传感器融合技术的研究。国际上还专门出版有关期刊并召开专题年会, 以统一信息融合的定义, 提高人们对信息融合广阔应用前景的认识。国内对信息融合技术的研究起步较晚, 从 20 世纪 80 年代初开始从事多目标跟踪技术研究, 到 80 年代末期, 才开始出现关于信息融合技术研究的报告。20 世纪 90 年代初, 国内对信息融合这一领域的研究逐渐形成高潮, 一些高校和研究所开始广泛从事这一技术的研究工作。到 90 年代中期, 信息融合技术在国内已发展为多学科领域的共性关键技术, 相继出现一批多目标跟踪系统和有初步综合能力多传感器信息融合系统。目前与国外相比, 国内在多传感器融合方面的研究尚处于发展初始阶段。

2 基于多传感器信息融合的自主避障

2.1 无人机动平台避障系统组成

收稿日期: 2010-01-16; 修回日期: 2010-04-01

作者简介: 程虹霞 (1975-), 女, 安徽人, 毕业于四川大学电子信息学院, 工学硕士, 从事武器装备总体论证研究。

无人机动平台的避障系统包括避障探测部分、避障信息处理部分和避障策略 3 部分：1) 避障探测部分由各种传感器和控制器组成，是平台感知外部环境信息的唯一途径。传感器的选择直接关系到其能否正确和快速地收集环境信息。避障系统由超声波传感器、红外传感器，以及电子罗盘和陀螺仪组成。超声波传感器和红外传感器作为接近传感器避障，电子罗盘和陀螺仪使无人平台避开障碍物后以一定的航向继续运动；2) 因为无人平台所处的野外环境具有不确定性、复杂性等特点，平台的避障探测系统会采集到一些不确定信息，这就可能给无人平台提供不精确甚至是错误的信息，导致无人平台作出错误的控制决策，因此，需要对采集到的信息作校准和预处理；3) 避障策略指无人平台在环境中遇到障碍物后，如何避开障碍物并保持一定的航向，最终能够安全、无碰撞地通过所有的障碍物，到达目标点的策略。无人平台避障系统组成框图如图 1。



图 1 无人平台避障系统组成框图

2.2 避障信息处理

无人平台的避障信息的处理运用多传感器信息融合的方法。多传感器信息融合利用传感器原始信息提取的特征信息进行综合分析和处理，所处理的传感器信息具有更复杂的形式，而且可以在不同的信息层次（数据层、特征层、决策层）上出现。目前，多传感器融合方面使用的方法^[2]主要有加权平均法、卡尔曼滤波法、贝叶斯估计法、统计决策理论方法、D-S 证据推理法、产生式规则法、模糊逻辑法和人工神经网络方法等。

无人平台运用卡尔曼滤波法进行多传感器的信息融合，以完成底层运动控制行为。通过测量模型的统计特性递推决定在统计意义下最优的融合数据估计^[3]（如图 2），以实时融合动态多传感器冗余数据，从而获得系统的当前状态估计和系统的未来状态，最终提供给控制决策层和执行控制层作避障决策和执行。

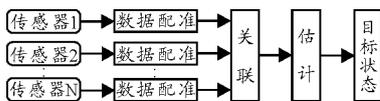


图 2 目标状态融合结构图

障碍物沿 X 轴和 Y 轴方向运动可以用下面的状态方程^[4-5]描述：

$$X_{t+1} = X_t + TV_{x(t)} + \frac{T^2}{2} a_{x(t)} \tag{1}$$

$$V_{x(t+1)} = V_{x(t)} + Ta_{x(t)} \tag{2}$$

$$Y_{t+1} = Y_t + TV_{y(t)} + \frac{T^2}{2} a_{y(t)} \tag{3}$$

$$V_{y(t+1)} = V_{y(t)} + Ta_{y(t)} \tag{4}$$

用矩阵的形式表述为：

$$X^{\wedge}_{t+1} = AX^{\wedge}_t + BW_t, \tag{5}$$

$$\text{则有：} X^{\wedge}_t = [X_t \quad V_{x(t)} \quad Y_t \quad V_{y(t)}]^T \tag{6}$$

状态转移阵为：

$$A = \begin{bmatrix} 1 & T & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

输入控制增益矩阵为：

$$B = \begin{bmatrix} T^2/2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & T & 0 & 0 \\ 0 & 0 & T^2/2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & T \end{bmatrix}$$

输入白噪声 $W_t = [a_{x(t)} \quad a_{x(t)} \quad a_{y(t)} \quad a_{y(t)}]^T$ ，方

程中的 T 为无人平台的避障探测传感器（超声传感器、红外传感器）的检测周期。

$$\text{观测方程为 } Z_t = HX_t + V_t \tag{7}$$

其中，观测阵 $H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ ， V_t 为零均值的高斯白噪声。

通过卡尔曼滤波，最终可获得系统的当前状态估计和未来状态估计，以提供给决策层作为避障决策和执行的依据。

2.3 避障控制模型及策略

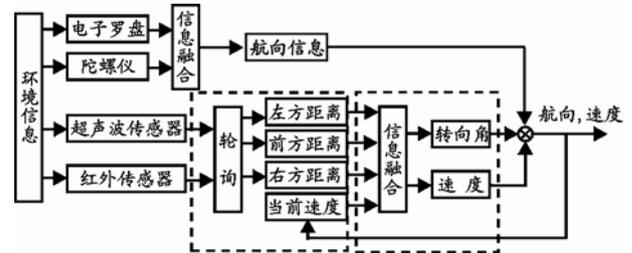


图 3 无人平台避障控制模型

为使无人平台能快速、准确地躲避障碍物，传感器必须获得障碍物的距离和方向信息等。在运动过程中，无人平台根据超声波传感器、红外传感器

信息和无人平台自身的运动状态来修正运动位姿, 并进行运动参数或状态转换; 在避开障碍物后, 采用电子罗盘和陀螺仪的信息, 以一定的航向继续运动。无人平台避障控制模型如图 3。

设传感器 S_i 的输出为 d ; 用 θ 和 v 表示避障行为的输出, 其中, θ 表示无人平台的转向角, 即下一步的运动方向, v 表示无人平台下一步运动的速度。则无人平台避障的行为可表示如下:

$$\theta = \begin{cases} \phi & (L = M_{\min}) \cap (R = M_{\min}) \\ \theta_0 & L \leq R \\ -\theta_0 & L \geq R \end{cases}$$

$$v = \begin{cases} \phi, & (L = M_{\min}) \cap (R = M_{\min}) \\ 0, & (L > M_{\max}) \cup (R > M_{\max}) \\ v_{\max}, & \text{其他} \end{cases}$$

其中, ϕ 表示避障行为的输出为空, 即不抑制其底层行为的输出; θ_0 是一个经验确定值, 表示无人平台在轮式一步中可以转动的角度的大小; v_{\max} 表示无人平台运动的最大速度; L 和 R 表示无人平台当前位置上左右两边障碍物的阈值。当左边的障碍物更接近无人平台时, 无人平台右转; 当右边的障碍物更接近无人平台时, 无人平台就向左转。 L 和 R 的计算公式如下:

$$R = \sum_{i=3}^5 \frac{1}{(dS_i + m_0)}$$

$$L = \sum_{i=1}^3 \frac{1}{(dS_i + m_0)}$$

在运动开始前, 设置好无人平台探测障碍物的阈值和初始值。在运动过程中, 根据前方传感器的距离信息来判断前方是否有障碍物, 当传感器探测到前方范围内有障碍物时, 如果前方传感器读数比其他方向的读数小, 而且在设定的避障距离范围内, 就可以确定无人在这个时刻前方有障碍物。遇到前方障碍物时, 无人平台会首先判断是否右侧的障碍物, 确定为右侧的障碍物后, 此时, 无人平台会读取底层运动控制卡信息, 判断此时自身的转向状态, 当为右转状态时, 则减速左转一个角度 θ , 当为左转状态时, 则减速右转一个角度 θ 。当判断左、右两方都判定有障碍物时, 无人平台就有可能在这个通道中出现摆动情况, 经过一段时间的调整, 或通过给定一个高速扰动, 无人平台可沿着某一个方向直线运动直到离开当前状态, 即离开“楔形”陷阱的循环, 然后读取底盘的前进速度, 并控制电机驱动器转速前进。避障流程图如图 4。

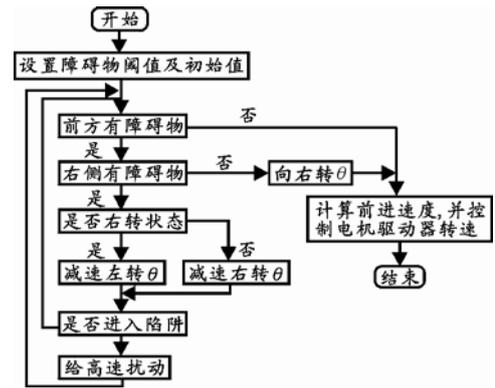


图 4 避障流程图

3 实验结果

实验结果表明无人平台可以在无人直接参与下, 安全避开障碍物, 如图 5。图中粗实线为轨迹线, 方框和圆形表示障碍物。

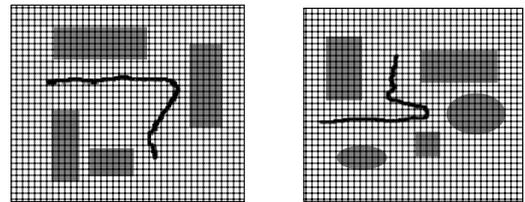


图 5 无人平台避障轨迹图

4 结论

该系统运用多传感器信息融合的方法, 将超声波传感器、红外传感器、电子罗盘、陀螺仪、GPS 等多种传感器所提供的环境信息进行融合处理, 形成对外部环境特征的统一表示, 通过平台决策层的自主控制, 在保持航向的同时快速避开障碍物。采用多传感器信息融合, 不但扩展了系统探测的空间、时间范围, 增加了系统可信度, 同时还减少了信息的模糊性, 改善了探测性能, 增强了系统的可靠性。

参考文献:

- [1] 王军, 苏剑波, 席裕庚. 多传感器融合综述[J]. 数据采集与处理, 2004(3): 72-75.
- [2] D. L. Hall. Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion Boston[M]. London: Artech House, 1992.
- [3] Immauel Ashokaraj, Antonios Tsourdos, Peter Silson, Brian White. Sensor Based Robot Localisation and Navigation: Using Interval Analysis and Extended Kalman Filter. Control Conference, 2004. 5th Asian, Vol2, 20-23 July 2004, 1086-1093.
- [4] 王斌明. 基于多传感器信息融合的移动机器人避障研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2006: 8-12.
- [5] Immanuel Ashokaraj, Antonios Tsourdos, Peter Silson, Brian White. Sensor Based Robot Localisation and Navigation: Using Interval Analysis and Extended Kalman Filter[D]. Asian: Control Conference, 2004.