

文章编号: 2096-1618(2019)01-0049-05

基于多传感器的信息融合算法改进

郎志宇, 卢军

(成都信息工程大学, 四川 成都 610225)

摘要:由多传感器构成的嵌入式系统对采集到的不同数据进行融合计算的实时性要求较高,以携带有摄像头等传感器的轮式机器人巡线为例,通过传统的PID(比例、积分、微分的简称)算法策略并不能实现精准快速巡线运动。为解决这一问题,介绍一种差值融合多态PID反馈调节控制方法,此方法优化了PID公式中的积分项和微分项,提高了融合计算效率,而且输出数据更加精确,从而实现精准快速的机器人巡线运动。通过对比实验验证与传统的PID算法,文中介绍的算法在轮式机器人巡线轨道复杂的状况下也显示出良好的健壮性,并且在摄像头实时性目标识别上也有良好的表现。

关键词:多传感器;信息融合;加权平均法;PID;轮式机器人

中图分类号:TP391.4

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2019.01.011

0 引言

信息融合可以理解是集成大量数据和知识来准确表示同一个现实世界对象的过程,数据可能是独立的或冗余的,也可以通过不同的传感器同时或在不同的时间获得。根据国内外大量的研究可以概括为:应用计算机现有技术有一定规则下对按照特定时序得到的多个异质或者同质的传感器探测信息加以处理^[1]。与单个传感器对比,多传感器的数据采集通过数据适当融合可以显著改进信息处理的准确性。

多传感器信息融合(multi-sensor fusion)在信息领域已经是一个研究热点,主要是指两种或多种传感器采集的数据进行优势合成^[2]。主要包含:数据级的融合,要求需要融合的信息(传感器探测的数据)具有高精度,这样便于任何层次匹配结合;特征级融合,指从大量初始数据(多传感器采集)找出共同特点以便特征点融合;决策级融合,要求各个检测装置提供的数据优化后变成单一数据后再进行融合^[3]。

针对多传感器信息融合方法的研究,Gao等^[4]创新出基于Kalman滤波的测量融合和状态融合方法。Mohammad Reza Asharif^[5]对贝叶斯融合方法进行了扩展,提出一种栅格地图下的传感数据融合算法。Weckenman^[6]利用贝叶斯和人工智能(AI)融合的研究方法,对多传感数据融合的三维测量作了综述研究。针对多传感器的性能,Rick等^[7]利用估计理论做了大量详细的阐述。Gerasimos等^[8]研究了粒子滤波器与

EKF,采用里程计和声呐传感器测量,对具有高斯噪声分布的信号进行了分析,并发展成为移动型机器人状态向量估量的著名案例。Ofir Cohen等^[9]在智能机器人的传感器数据融合框架上应用一个选取在线最契合的方法。Youngjoon Han等^[10]仅仅使用2个超声波传感器来确定目标表面的类型和位置,提出了一种较新的测量方法。针对基于超声波传感器进行栅格地形图的构建问题,余洪山等^[11]提出了改善神经网络声呐解释模型用来数据建模,并对栅格地形图持续更新。这一方法考虑到了超声波传感器在时间与空间上相关度的影响。由此可见,多传感信息融合技术在系统数据建模方向也具有很大作用。

近年来,随着多传感信息融合技术和传感器技术的不断发展,多传感器信息融合在智能化机器人、商业智能、智能交通系统等领域更是得到了广泛的应用,越来越多的传感器被用于实际嵌入式系统中,大批的采集数据的产生与记录,构成了“实时性大数据”。例如,家庭智能机器人所携带的传感器在日常工作过程中可以生成大量的与人们生活息息相关的信息,这些数据具有真正可行的业务拓展价值,其融合可以通过数字化大大提高家庭智能机器人的服务质量。

传统的多传感器信息融合技术可以处理有限的传感器数据,甚至可以实时获得最佳结果。然而,对于智能轮式机器人的目标追踪及巡线运动,不得不考虑如何处理实时过程中的大量传感器数据以及如何基于大量数据对多传感器嵌入式系统进行建模等。传感器的发展与广泛使用为多传感器信息融合理论及其特定环境下的应用创造了许多新的挑战。因此,在以后的探究工作里,还需要认真不断进行多传感器信息融合算

收稿日期:2017-11-30

基金项目:四川省科学技术厅重点研发资助项目(2017GZ0324);四川省教育厅重大培育资助项目(17CZ0007)

法的创新。通过使用加权平均法对传感器探测到的不同数据进行融合算法改进。

1 算法描述与研究设计

1.1 加入加权平均法的分级式融合算法

以轮式机器人巡线为例,采用多传感器(OV7670图像采集,5路红外RGB)装置的巡线机器人。通过使用加权平均法对传感器采集的不同数据进行融合计

算,5路红外传感器采集的数据进行一级融合后计算出轮式机器人的当前位置,决策层中的视觉路径识别系统能够预测出轮式机器人下一时候的运动道路,根据左右电机上的电压可以模糊计算出轮式机器人的运动速度。然后将轮式机器人当前位置和运动趋势、速度进行二级融合,速度是个模糊量,因此速度采用模糊融合。经过二级融合后输出的数据用于路径规划,三级融合后的数据是微码指令,用于驱动左右电机转动。多传感器数据信息融合框图如图1所示。

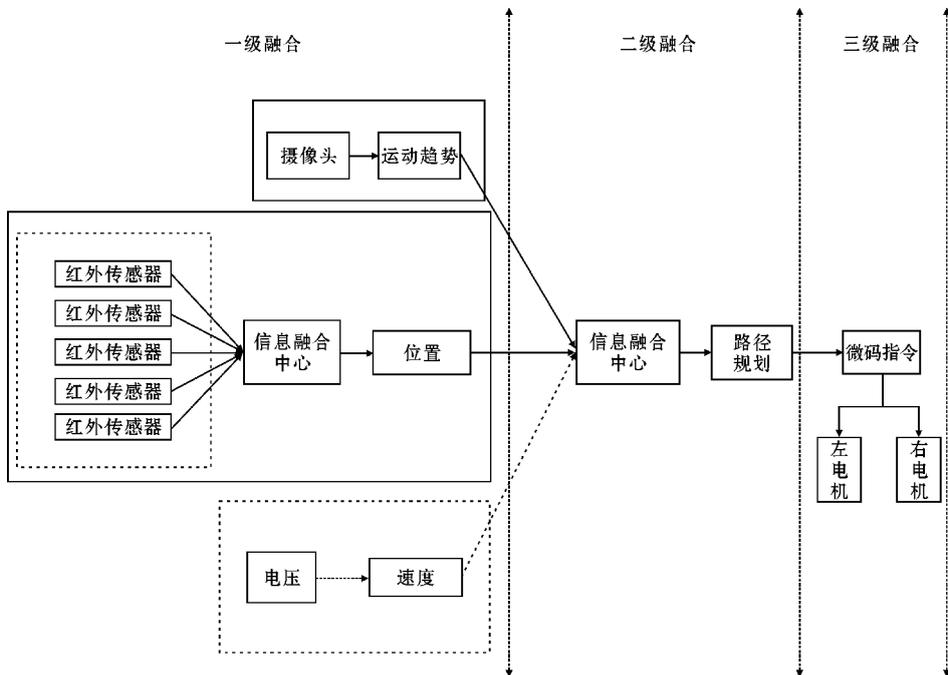


图1 多传感器信息融合示意图

数据信息在融合中,采取加权平均法计算,每一级融合规则。

$$G(Z_{\text{one}}, Z_{\text{two}}) = \sum_0^n \sum_0^m q(g_{\text{sensor1}}(i,j), g_{\text{sensor2}}(i,j)) \quad (1)$$

融合方法模型式(1)为多传感器数据融合规则,具体见表1。sensor1为视觉路径检测的道路情况M1, sensor2为红外检测的道路情况M2。

表1 信息融合规则

sensor1	Sensor2		
	M1	未知	
M1	M1	M1	M2
未知	M1	未知	M2
M2	M1	M2	M2

1.2 异速多传感器差值融合PID动态反馈调节算法

PID调节是只和一定周期内的偏差值有关的技

术^[12]。在轮式机器人行动变化较大,不可准确建立控制数据模型时,PID控制器能够良好地施展作用。在实际应用中可以采用P、PI、PD和PID等控制方式,也可融入人工智能模糊控制手段^[13-15]。文中采用多传感器(数字摄像头和5路红外传感器)协同合作完成巡线,在不同路径运动中会出现轮式机器人的速度与反应时间不匹配状况,针对这个难题提出了异速多传感器差值融合PID动态反馈调节方法。

$$\begin{cases} t = kT & (k=0,1,2,3,\dots) \\ \int_0^t e(t) dt = T \sum_{j=0}^K e(jT) = T \sum_{l=0}^k e(l) \\ \frac{de(t)}{dt} = \frac{e(KT) - e[(k-1)T]}{T} = \frac{e(k) - e(k-1)}{T} \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中, T 为采样周期, k 为采样序号。其中 T 与精确度成反比,采样周期值越小,精确度越高。

针对多传感器差值融合动态调节PID。采用分级融合多传感器,上层的视觉路径识别(摄像头传感器)

一级融合预测轮式机器人前方道路,即 PID 算法中的微分项;下层 5 路红外传感器经过一级融合后输出轮式机器人当前位置,即 PID 算法中的积分项。由电机供电电压可以模糊计算出轮式机器人运动速度然后与红外传感器二级模糊融,最后将运动趋势、轮式机器人当前位置和速度三级融合后进行路径规划(微码运动指令)。分级多传感器融合 PID 反馈动态调节,反馈

调节 PID 公式为

$$u(t) = K_p [e(k) + \frac{T_i}{T_D} \sum_{j=0}^k \frac{e(k) - e(k-1)}{T}] \quad (3)$$

在式(3), T 为采用周期, k_p 为比例系数, T_i 为积分, T_D 为微分项。整个公式只需要在 T 个周期中累加前一时刻和当前时刻的偏差值即可。同时多传感器调节 PID 的过程如图 2 所示。

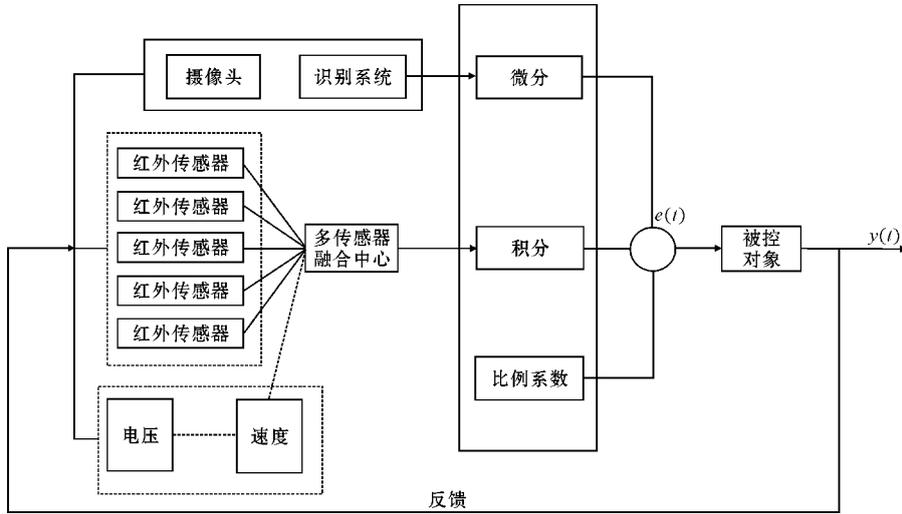


图 2 差值 PID 反馈调节过程图

轮式机器人在巡线过程中,由于惯性问题的存在车体与引导线实时形成一个偏差 θ ,当偏差角度比较大时,轮式机器人动态反馈控制 PID 的输入项。基于视觉的路径巡线系统路径处理后会产一个微分纵向速度 V_{vision} ,基于红外传感器会产生一个积分横向速度 V_{sensor} 。这两个速度动态融合反馈控制轮式机器人完成巡线,同时两者之间在融合时必须要有融合的规则。

(1) 当偏差与巡线模块采集的信息差别很大的时候,信息融合的时候更加倾向于巡线速度 V_{sensor} 作为 PID 控制的输入条件。

(2) 当偏差与视觉路径识别获取的信息差别很大的时候,信息融合的时候更加倾向于视觉产生的速度 V_{vision} 作为 PID 控制的输入条件。

(3) 当二者差别都很大的时候,多传感器融合的时候更加倾向于巡线速度 V_{sensor} 作为 PID 控制的输入条件。

当速度作为 PID 的输入值时,速度慢时,一定时间内的偏差累加速率变小,精确度变小。为了均衡一定时间内的偏差数,采用插值法求一段周期内的 PID 输出值,同时按权值(0.3,0.7)插入。

设节点 $a < x_0 < x_1 < \dots < x_n < b$,其中 f 满足 $f \in C^n[a, b]$, $f^{(n+1)}$ 在区间 $[a, b]$ 存在,截断误差 $R_n(x) = f(x) - L_n(x)$ 。

$R_n(x)$ 存在最少 $n+1$ 个解, $R_n = K(x) \prod_{i=0}^n (x-x_i)$, 其中 x 不等于 x_i

$$\phi(t) = R_n(t) - K(x) \prod_{i=0}^n (t-x_i) \quad (4)$$

$$f^{(n+1)}(\delta_x) - L_n^{(n+1)}(\delta_x) - K(x) (n+1)! = 0 \quad (5)$$

$$K(x) = \frac{f^{(n+1)}(\delta_x)}{(n+1)!} \quad (6)$$

$$R_n(x) = \frac{f^{(n+1)}(\delta_x)}{(n+1)!} \prod_{i=0}^n (x-x_i) \quad (7)$$

$$u = \begin{cases} \sum_0^i V_{vision} & V_{vision} > V_{sensor} \\ \sum_0^i (0.3V_{sensor} + 0.7V_{vision}) & V_{vision} < u < V_{sensor} \\ \sum_0^i V_{sensor} & V_{sensor} > V_{vision} \end{cases} \quad (8)$$

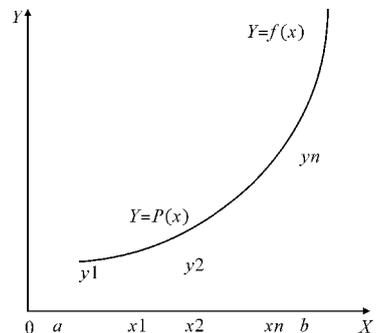
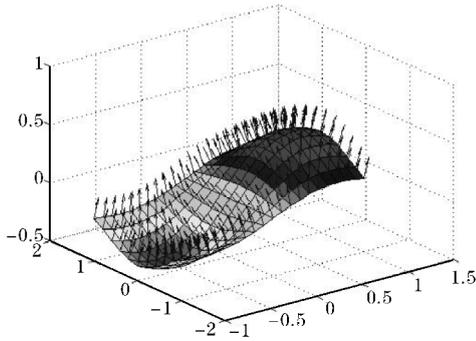


图 3 插值法函数渐变图形

异速多传感器差值融合后作为 PID 输入值, PID 输出值不断调整。多传感器差值融合 PID 参数曲面图



如图 4 所示。

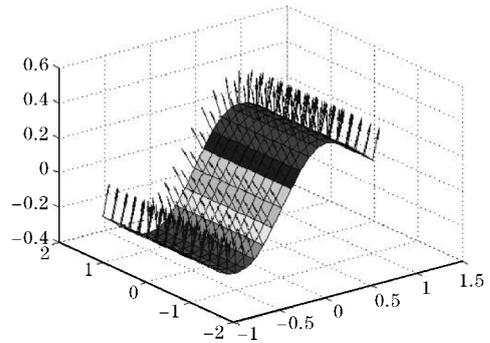


图 4 差值融合 PID 反馈控制参数曲面图

2 算法仿真与结果分析

轮式机器人巡线实验中, 机器人控制策略使用了 PID 算法, 实验采用了摄像头和红外传感器通过 PID

算法控制策略实现巡线运动, 采用文中介绍的差值融合多态 PID 反馈调节控制方法, 优化 PID 公式中的积分项和微分项, 从实验结果可以看出算法的改进提高了效率, 而且使输出数据更加精确。

表 2 PID 参数对比数据表

PID 参数整定值			改进后的 PID 参数整定值		
K_p	K_I	P_D	K_p	K_I	K_D
2.01	3.45	0.3015	1.66	3.256	1.6385
2.7226	2.9465	0.6289	1.6589	2.8965	1.2563
2.3481	2.2586	0.6032	1.6468	2.6584	1.3258
2.436	2.8965	0.3644	1.6532	2.6584	1.3599
2.569	2.6886	0.6547	1.6654	26795	1.3941

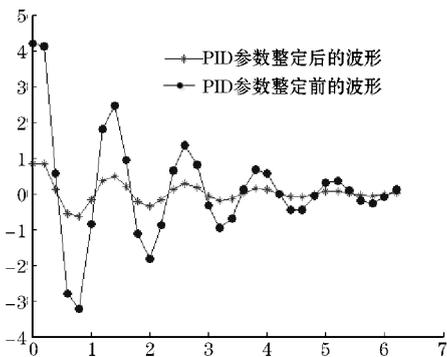


图 5 PID 对比波形图

由图 5 的波形图可以看出 PID 改进后的输出值精度有很大的提高, 控制效果更见成效。

3 结束语

轮式机器人巡线技术是机器人研究方向的一个很重要范畴, 依靠自身携带的多传感器获取道路信息, 使用一定的控制策略驱动直流电机, 完成轮式机器人的巡线运动。实验设计的巡线系统采用摄像头、5 路红外

传感器和 RGB 多颜色传感器获取外界周围环境(道路信息), 然后把传感器采集的数据转化为数字信号传递给 PID 控制器, 产生 PWM 波, 通过 PID 控制策略调整直流减速电机速率和方向, 进而完成巡线运动。文中介绍的多传感器信息融合差值 PID 反馈动态调节方法, 使轮式机器人在运动过程中 PID 参数协同发挥作用, 实现精确控制巡线运动, 为高危行业作业过程中(例如高压线路建设、线路巡检等)机器人更好的代替技术工人提供了改进方法。

参考文献:

- [1] 陈海峰. 移动机器人基于多传感器数据融合的定位及地图创建研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2004.
- [2] 仆荣光. 基于多传感器融合的机器人嗅觉感知系统[D]. 天津: 河北工业大学, 2016.
- [3] 黄静. 多传感器信息融合在车辆定位与导航中的

- 应用[D]. 兰州:兰州理工大学,2011.
- [4] J B Gao, C J Harris. Some remarks on Kalman filters for the multisensory fusion[J]. *Information Fusion*, 2002, 3:191-201.
- [5] Mohammad Reza Asharif. Sensor fusion by pseudo information measure: A mobile robot Application [J]. *ISA Transactions*, 2002, 41:283-301.
- [6] A. Weckenmann, X. Jiang. Multisensor data fusion in dimensional metrology [J]. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 2009, 58:701-721.
- [7] Rick S Blum, On. Multisensor image fusion performance limits from an estimation theory perspective [J]. *Information Fusion*, 2006, 7:250-263.
- [8] Gerasimos G. Rigatos. Extended Kalman and Particle Filtering for sensor fusion in motion control of mobile robots [J]. *Mathematics and Computers in Simulation*, 2010, 81:590-607.
- [9] Ofir Cohen, Yael Edan. A sensor fusion framework for online sensor and algorithm selection[J]. *Robotics and Autonomous Systems*, 2008, 56:762-776.
- [10] Youngjoon Han, Hernsoo Hahn. Localization and classification of target surfaces using two pairs of ultrasonic sensors [J]. *Robotics and Autonomous Systems*, 2000, 33:31-41.
- [11] 余洪山. 移动机器人地图创建和自主搜索方法研究[D]. 长沙:湖南大学,2007.
- [12] 王新山. PID调节器的参数整定和正确使用[J]. *炼油化工自动化*, 2012(6):30-33.
- [13] 尚赵伟, 国庆, 马尚君, 等. 基于二进小波变换的多车牌定位算法[J]. *计算机工程*, 2011, 37(3):16-18.
- [14] 李刚, 黄席樾, 刘政, 等. 基于字符边缘颜色多分量信息的车牌定位方法[J]. *计算机工程*, 2009, 35(18):176-178.
- [15] 张引, 潘云鹤. 彩色汽车图像牌照定位新方法[J]. *中国图像图形学报*, 2001, 6(4):374-377.
- [16] 严宇. 高压输电线路巡线机器人越障与打滑控制[D]. 武汉:武汉大学,2014.

Improvement of Information Fusion Algorithm based on Multi-sensor

LANG Zhiyu, LU Jun

(Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: The embedded system composed of multiple sensors requires high real-time performance for the fusion calculation of different data collected, take, for example, a wheeled robot line-tracking that carries sensors such as cameras and infrared sensors, through the traditional PID (proportional, integral, differential abbreviation) algorithm control strategy can't achieve accurate and rapid patrol movement. In order to solve this problem, this paper introduces a differential fusion multi-state PID feedback adjustment control method, which optimizes the integral term and derivative term in the PID formula, improves the fusion calculation efficiency, and the output data is more accurate, there by realizing accurate and rapid robot inspection line movement. The comparison experiments show that compared with the traditional PID algorithm, the algorithm presented in this paper shows good robustness in the complicated condition of the patrolled track of the wheeled robot, and it also has a good performance in real-time target recognition of the camera.

Keywords: multi-sensor; information fusion; weighted average method; PID; the Wheeled robot