

基于不同运动模型的 IMMPDA 算法仿真

刘洲洲¹, 聂友伟²

(1. 西安航空学院, 西安 710077; 2. 沈阳军区 65042 部队, 沈阳 110035)

摘 要:在现有的机动目标跟踪算法中,其中的概率数据关联(PDA)算法和交互式多模型(IMM)算法最具代表性。而在此基础上发展而来的 IMMPDA 算法是解决杂波环境下单机动目标跟踪问题比较有效的方法。通过对分别基于 CA 模型、Singer 模型和“当前”统计模型的交互式多模型概率数据关联(IMMPDA)算法进行仿真,对其优缺点进行对比分析。仿真结果显示 IMMPDA 算法在高机动目标跟踪中具有巨大优势,不同的运动模型基于 IMMPDA 都较好地实现了对高速高机动目标的滤波跟踪。

关键词:机动目标跟踪;数据关联;航迹关联

DOI 编码:10.3969/j.issn.1002-2279.2014.01.014

中图分类号:TP273 文献标识码:A 文章编号:1002-2279(2014)01-0051-02

Study on IMMPDA Algorithm Simulation Based on Three Different Models

LIU Zhou-zhou¹, NIE You-wei²

(1. Xi'an Aeronautical University, Xi'an 710077, China;

2. The 65042 Army, Shenyang Military Region, Shenyang 110035, China)

Abstract: Probabilistic data association (PDA) algorithm and an interactive multiple model (IMM) algorithm are most representative in all maneuvering targets tracking algorithms. This article makes simulation for interacting multiple models probabilistic data association (IMMPDA) algorithm based on the CA model, Singer model and "current" statistical model, and contrasts their advantages and disadvantages. IMMPDA algorithm takes great advantage in high maneuvering target tracking and each model achieves filter tracking well for high maneuvering targets.

Key words: Maneuvering target tracking; Data association; Track association

1 引 言

PDA 算法在杂波环境下有很好的跟踪性能,而 IMM 算法适用于目标高度机动的情形^[1],因此 1988 年 Blom 和 Bar-Shalom 基于各自的思想进行了合作研究,提出了交互式多模型概率数据关联(IMMPDA)算法,IMMPDA 算法是解决杂波环境下单机动目标跟踪问题比较有效的方法^[2-4]。IMMPDA 算法就是在原有 IMM 算法的基础上,用 PDA 滤波器 PDAF 替换掉 IMM 算法中原有的滤波器进行并行滤波。IMMPDA 算法的实现框图如图 1 所示。

2 基于不同运动模型的 IMMPDA 算法仿真分析

2.1 仿真场景及参数设置

假设目标在二维平面内作机动。

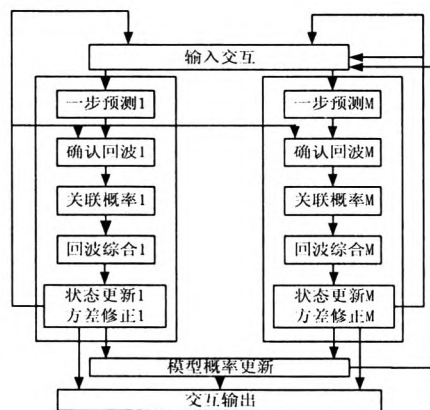


图 1 IMMPDA 算法框图

目标状态向量为:

$$X = [x \dot{x} y \dot{y}]^T \quad (1)$$

量测方程为:

$$Z(k) = H(k)X(k) + V(k) \quad (2)$$

作者简介:刘洲洲(1981-),男,山西运城人,讲师,博士研究生,主研方向:嵌入式 SOC 设计和系统仿真。
收稿日期:2013-01-24

其中量测矩阵为:

$$H(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

量测噪声 $V(k)$ 为具有协方差矩阵 R 的零均值高斯白噪声, 且 $r = R_{11} = R_{22} = 50^2 m^2$, $R_{12} = R_{21} = 0$ 。



图2 杂波环境下单次仿真循环流程图

在 $A \approx 10A_c$ 的面积内, 产生大量的虚假量测, 而落入确认区域 A_c 内的虚假量测数 λA_c 近似服从泊松分布, 当有随机杂波或者虚警率高时, 上述产生虚假量测的方法可十分精确地描述实际发生的情况^[3]。图3给出了多余回波的产生示意图^[6], 其中“*”为目标回波, “+”为多余回波。

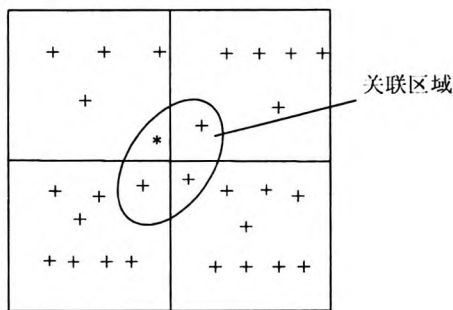


图3 多余回波产生方法示意图

2.2 使用CA模型的传统IMMPDA算法仿真及分析

算法选取1个CV模型, 2个CA模型进行交互, 3个模型的过程噪声方差分别为 $10m^2$, $1m^2$ 和 $0.1m^2$ 。仿真结果如图4所示。

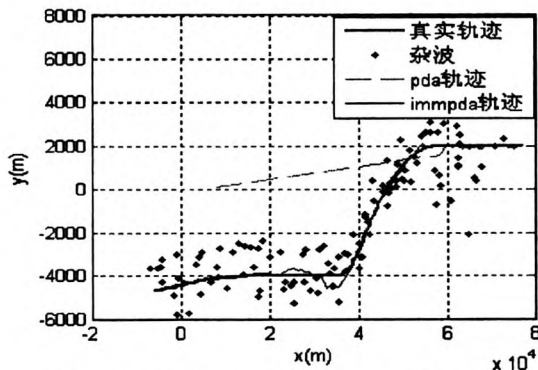


图4 CA模型的IMMPDA与PDA滤波轨迹

从仿真结果可以发现, 在密集多回波环境下, PDA算法在跟踪机动目标方面是无能为力的, IMMPDA算法则在一定程度上能迎合目标的真实运动轨迹, 但跟踪效果也不是非常理想, 特别是在目标做高机动时, 跟踪精度较低。从仿真场景知道, 在

$t=30s$ 时, 目标在 x 方向有 $30m/s^2$ 的加速度, 在 $t=60s$ 附近时, 目标在 y 方向有 $30m/s^2$ 的加速度。在速度误差图上, 可以发现使用CA模型的IMMPDA算法在这两个时刻会出现大幅度的误差, 从而导致较大的位置误差^[4]。

2.3 使用Singer模型的传统IMMPDA算法仿真及分析

算法选取1个CV模型, 2个Singer模型进行交互, 3个模型的过程噪声方差分别为 $10m^2$, $1m^2$ 和 $0.1m^2$, Singer模型自相关时间常数即机动频率, 加速度方差 $=60m/s^2$ 。仿真结果如图5所示。

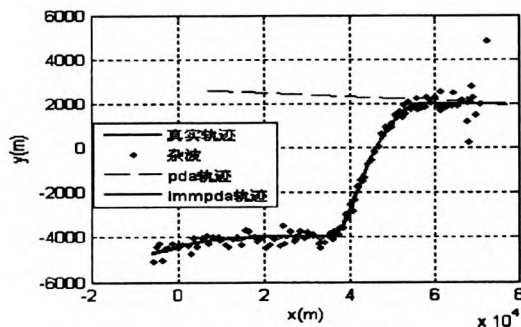


图5 Singer模型的IMMPDA与PDA滤波轨迹

从仿真结果可以发现, 在杂波环境下, 使用Singer模型的IMMPDA算法跟踪效果略好于CA模型的IMMPDA, 当前期目标作匀速运动时, Singer模型的IMMPDA能具有较好的跟踪精度, 一旦目标出现高机动, 该算法也会出现较大偏差。在 $t=30s$ 时刻, x 方向加速度会出现大误差, 从而导致速度误差也较大^[5]。在此过程中, PDA算法最后难逃失跟命运。

2.4 使用“当前”统计模型的传统IMMPDA算法仿真及分析

算法选取1个CV模型, 2个Singer模型进行交互, 3个模型的过程噪声方差分别为 $10m^2$, $1m^2$ 和 $0.1m^2$, 当前模型自相关时间常数即机动频率 $\alpha = 1/10$, 加速度方差 $\sigma_a^2 = 60m/s^2$ ^[6]。仿真结果如图6所示。

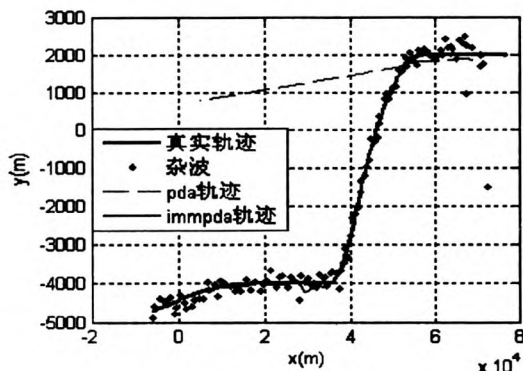


图6 当前模型的IMMPDA与PDA滤波轨迹

(下转第57页)

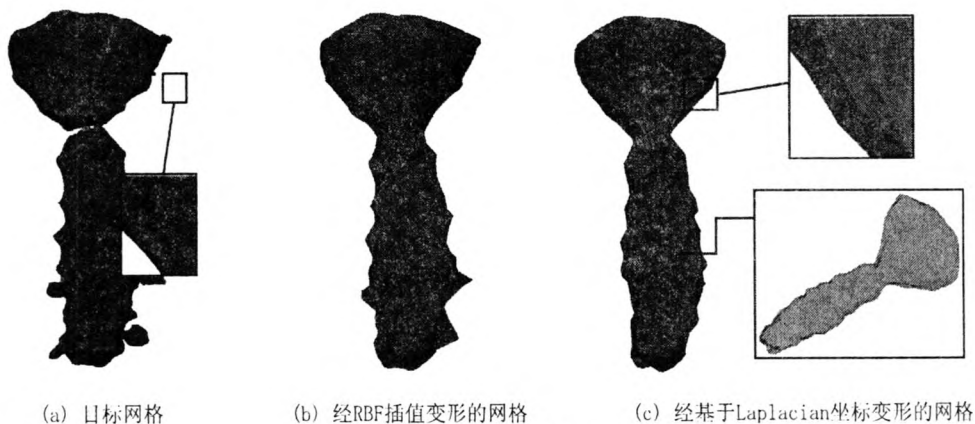


图7 算法实现过程

参考文献:

- [1] 朱海龙,胡立人,王沙. 外科手术用双爪胸骨固定器 [P]. 中国,20223284U. 2012-05-23. http://zhuanli.baidu.com/pages/sipa/20112024/74/39203e28de7a591f7ddc2bb0eb6f15e9_0.html.
- [2] 张晓膺,曹志达. 胸骨合拢固定器 [P]. 中国,202235628U. 2012-05-30. <http://www.aipchina.com/faming/7383791/>.
- [3] 朱建伟,刘璠,张峰,等. 个体化股骨假体计算机辅助设计:满足假体与病变骨骼的匹配度[J]. 中国组织工程研究与临床康复,2008,12(17):3233-3236.
- [4] 王萑,史仪凯,唐博,等. 一种胸廓 CT 图像预处理与三维建模方法的研究[J]. 西北工业大学学报,2009,27(6):812-816.
- [5] 苏萌. 医学 CT 切片图像三维重建技术的研究与实现 [D]. 河北:河北工业大学,2007.
- [6] Kazhdan M, Bolitho M, Hoppe H. Poisson surface reconstruction [C]. //Proceedings of the fourth Eurographics symposium on Geometry processing, Switzerland: Eurographics Association Aire-la-Ville, 2006.
- [7] 刘洋,苏志勋,栗志扬,曹俊杰. 基于医学图像的复杂

曲面重建[J]. 计算机工程与应用,2011,47(25):18-21.

- [8] Curless B, Levoy M. A volumetric method for building complex models from range images [C]. //Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques. ACM,1996:303-312.
- [9] Allen B, Curless B, Popović Z. The space of human body shapes: reconstruction and parameterization from range scans [J]. ACM Transactions on Graphics (TOG), 2003, 22(3):587-594.
- [10] Besl P J, McKay N D. A method for registration of 3-D shapes [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1992, 14(2):239-256.
- [11] Ju X, Siebert J P. Conforming generic animatable models to 3D scanned data [C]. //Proc. 6th Numerisation 3-D/Scanning 2001 Congress. 2001.
- [12] Sorkine O, Cohen-Or D, Lipman Y, et al. Laplacian surface editing [C]. //Proceedings of the 2004 Eurographics/ACM SIGGRAPH symposium on Geometry processing, New York: ACM Press, 2004:175-184.

(上接第 52 页)

从仿真结果可以发现,在密集杂波环境下,使用当前模型的 IMPDA 算法跟踪精度在目标出现大机动时会降低,但最终能调整到目标的真实运动轨迹,应该说该算法还是有较强的跟踪能力,较前两种算法有一定进步,但实际应用中,该算法丢失目标的可能性也是存在的。该文作了大量仿真实验,当前(CS)模型会以一定概率丢失目标。

3 结束语

大量的仿真实验结果都显示了 IMPDA 算法在高机动目标跟踪中具有巨大的优势,不同的运动模型基于 IMPDA 都很好地对高速高机动目标的及时滤波跟踪,不失为一种较好的跟踪算法。

参考文献:

- [1] 潘泉,梁彦,杨峰,等. 现代目标跟踪与信息融合 [M]. 北京:国防工业出版社,2009-08.
- [2] 刘刚. 多目标跟踪算法及实现研究 [D]. 西安:西北工业大学,2003.
- [3] 王亚平,彭东亮,薛安克. 强机动目标跟踪自适应交互式多模型算法 [J]. 计算机仿真,2008,25(4):326-329.
- [4] 邹麟. 基于修正转弯率模型的高速高机动目标跟踪技术研究 [D]. 成都:电子科技大学,2007.
- [5] Li X R, Bar-Shalom Y. Prediction of interacting multiple model algorithm [J]. IEEE Transactions on Aerospace and electronic systems, 1993, 29(3):755-771.
- [6] Blom H A P, Bar-Shalom Y. The interacting multiple model algorithm for systems with Markovian switch coefficient [J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 1988, 33(8):780-783.