

Z427/1033 (2009)-(14)



自动化学院

031



2010055212

(14)

第1本

序号	作者姓名	职称	单位	论文题目	刊物名称	年卷期	提交人
1	周卢明 刘春生	教授	3院	基于H. 264/AVC的帧层码率控制算法	中国图形图像学报	2009, 14 (9)	刘春生
2	刘春生	教授	3院	含有输入扰动特性不确定飞控系统的自适应滑模控制.	应用科学学报	2009, 27 (4)	刘春生
3	Qiangyu Ai, Chunsheng Liu	硕士生高	3院	Robust fault detection for a class of nonlinear network control system with communication delay	Journal of Systems Engineering and Electronics.	2009, 20 (5)	刘春生
4	刘春生	教授	3院	基于T-S模糊模型和迭代学习观测器的飞行系统的容错控制.	南京航空航天大学学报	2009, 41 (1)	刘春生
5	刘春生 艾强玉	教授	3院	基于T-S模型的网络控制系统故障诊断	控制工程	2009, 16 (6)	刘春生
6	王巍 刘春生	教授	3院	强跟踪滤波器在磁悬浮球系统中的应用	中国科技论文学报	2009, 37	刘春生
7	宋伟明 刘春生	教授	3院	基于支持向量机和聚类的时序序列故障预报	华中科技大学学报	2009, 37	刘春生
8	周卢明 刘春生	教授	3院	基于模糊控制的H. 264宏块层码率控制算法.	中国图形图像学报	2009, 14 (10)	刘春生
9	屈嵩 刘建业 熊智 陈海明	博士 正高 副高 副高	031 031 031 031	机载捷联惯性/天文定位算法研究	第三届中国导航、制导与控制学术会议	2009年11月 北京	曾庆化
10	周翟和 刘建业 赖际舟	博士 正高 副高	031 031 031	基于半扩展UKF的粒子滤波改进算法及其应用研究	2009全国博士生论坛—系统控制与信息处理	2009年12月 上海	曾庆化
11	周翟和 刘建业 赖际舟 熊剑	博士 正高 副高 博士	031 031 031 031	混合粒子滤波及其在组合导航系统中的应用.	2009中国智能自动化会议论文集	2009年9月 江苏 南京	曾庆化
12	钟丽娜 刘建业 李荣冰 钱伟行	博士 正高 副高 博士	031 031 031 031	基于谱条件数的GPS-INS紧组合导航系统可观测度分析方法研究	2009年“系统控制与信息处理”全国博士生学术论坛	南京, 2009. 12	曾庆化
13	于永军 刘建业 曾庆化 戎蓉	博士 正高 副高 本科	031 031 031 031	捷联惯导仿真系统高精度航迹算法研究	2009年先进导航与测控技术学术研讨会	南京, 2009. 10	曾庆化

14	熊剑 刘建业 赖际舟 郑智明	博士 正高 副高 硕士	031 031 031 031	基于粒子滤波的陀螺 ARIMA建模方法研究	第三届中国导航、 制导与控制学 术会议 (CGNCC2009)	空天飞行器 导航、制导 与控制 /2009年11 月/北京	曾庆化
15	王融 刘建业 熊智 屈嵩	博士 正高 副高 博士	031 031 031 031	基于星敏感器量测信 息的安装误差静态标 定方法研究	2009年“系统控 制与信息处理” 全国博士生学术 论坛	南京, 2009.12	曾庆化
16	王融 刘建业 熊智 屈嵩	博士 正高 副高 博士	031 031 031 031	基于星光折射定位辅 助的惯性/星光全组合 导航系统研究	2009年先进导航 与测控技术学术 研讨会	南京, 2009.10	曾庆化
17	郑智明 刘建业 钱伟行 赖际舟	硕士 正高 博士 副高	031 031 031 031	光纤陀螺随机漂移的 参数估计方法研究	2009年南京市科 协年会——先进 导航与测控技术 学术交流会	2009年10月 南京 合肥	曾庆化
18	沙磊 曾庆化 刘建业 黄磊	硕士 副高 正高 博士	031 031 031 031	捷联惯导系统工具误 差辨识研究	2009年南京市科 协年会——先进 导航与测控技术 学术交流会	2009年10月 南京合肥	曾庆化
19	李睿佳 李荣冰 刘建业 熊智	硕士 副高 正高 副高	031 031 031 031	卫星/惯性组合导航事 后高精度融合算法研 究	第三届中国导航、 制导与控制学 术会议	2009年11中 国 北京	曾庆化
20	刘建业 李荣冰 曾庆化 赖际舟 谢非	正高 副高 副高 副高 博士	031 031 031 031 031	深组合/微型惯性导航 技术及新型超流体陀 螺仪研究与展望	中国惯性技术学 会新技术与新领 域研讨会	2009年11月 海南三亚	曾庆化
21	曾庆化 Andrew H. Kemp 刘建业	副高 外单 位 正高	031 英国 Leed s大 学 031	Feasibility Study of Real-time Real- time Independent Positioning System for retrieving freight containers	中国智能自动化 学术会议	2009年9月 27-30日南 京	曾庆化
22	张士钰 陈武 李志林 William H. K. Lam	硕士 教授 教授 教授	031 香港 理工 香港 理工 香港 理工	A Vehicle Navigation System with GPS and Low- cost Inertial Sensors	International Symposium on GPS/GNSS, 2009	2009年11月 Jeju, Korea	曾庆化

23	许睿 刘建业 陈武 李志林 孙永荣	博士 正高 正高 正高 正高	031 031 外单 位 031 031	Improving Performance of a Pedestrian Navigation Using a Robust Kalman Filter	International Symposium on GPS/GNSS2009	2009年11月 Jeju , Korea	曾庆化
24	熊剑 刘建业 赖际舟 熊智	博士 正高 副高 副高	031 031 031 031	Application of Marginalized Particle Filter in INS Initial Alignment	GPS/GNSS2009	2009年11月 韩国 济州	曾庆化
25	乔黎 Samsun g. Lim Chris Rizos 刘建业	博士 高级 讲师 教授 教授	031 031	An Algorithm for Autonomous GEO Satellite Navigation Using Multiple GNSS Measurements	AGU (American Geophysical Union) 2009 Joint Assembly	2009年5月 Toronto, Ontario, Canada	曾庆化
26	乔黎 Samsun g. Lim Chris Rizos 刘建业	博士 高级 讲师 教授 教授	031 031	GNSS-based Orbit Determination for Highly Elliptical Orbit Satellite	2009 International Symposium on GPS/GNSS	2009年11月 Jeju Island, South Korea	曾庆化
27	乔黎 Samsun g. Lim Chris Rizos 刘建业	博士 高级 讲师 教授 教授	031 031	A Multiple GNSS- based Orbit Determination Algorithm for Geostationary Satellites	IGNSS International Global Navigation Satellite Systems Society Symposium on GPS/GNSS	2009年12月 Gold Coast, Queensland , Australia	曾庆化
28	乔黎 Samsun g. Lim Chris Rizos 刘建业	博士 高级 讲师 教授 正高	031 031	Autonomous GEO Satellite Navigation Algorithm with Multiple GNSS Measurements	22nd international technical meeting of the satellite division of the institute of navigation (ION GNSS) 2009	2009. 年9月 Savannah, Georgia , USA,	曾庆化
29	苗剑峰 陈武 孙永荣 刘建业	博士 正高 副高 正高	031 外单 位 031 031	A Kalman Filter Based Tracking Loop in Weak GPS Signal Processing.	Proceedings in ICNC' 09- FSKD' 09.	2009年8月 中国 天津	曾庆化

30	李荣冰 刘建业 文立	副高 正高 硕士 博士	031 031 031 031	Design and Implementation of an INS-aided Tightly Integrated GNSS/SINS Navigation System	International Symposium on GPS/GNSS2009	2009年11月 韩国 济州	曾庆化
31	赖际舟 刘建业 吕品	副高 正高 硕士	031 031 031	Analysis of error characteristic of the single axis rotating SINS	IGNSS Symposium 2009	2009年12月 Holiday Inn Surfers Paradise, Qld, Australia	曾庆化
32	曾庆化 刘建业 赵伟 孙永荣	副高 正高 副高 副高	031 031 031 031	Non-GPS Distributed Intelligent Transportation System	ION GNSS 2009 会议	2009年9月 美国 萨凡 纳	曾庆化
33	熊智 刘建业 王丹 屈嵩	副高 正高 硕士 博士	031 031 031 031	Research of Multi- sensor Integrated Navigation Algorithm Aided by CNS/SAR	欧洲航空航天国 际学术会议(CEAS 2009)	2009年10月 Manchester , UK	曾庆化
34	陆海勇 赵伟 贺荣光 赖际舟	硕士 副高 外单 位	31 31 外单 位	捷联惯导初始对准 的UKF改进算法	航空兵器	2009,(3):17- 21	曾庆化
35	郑广楼 刘建业 乔黎 贺亮 熊智	副高 硕士 正高 博士 硕士	31 31 31 31 31	基于X射线脉冲星的 地球同步卫星绝对 定位方法	上海航天	2009,09(1): 28-31	曾庆化
36	范科 赵伟 陈达立 刘建业	硕士 副高 外单 位 正高	31 31 外单 位 31	自适应滤波算法在 捷联惯导初始对准 中的应用研究	战术导弹技术	2009,(1): 70-74	曾庆化
37	冀峰	硕士	31	GPS/INS组合导航系 统中接收机时钟误 差处理研究	航空兵器	2009,(4):7- 12	曾庆化
38	聂志彪 刘建业 李荣冰	硕士 正高 副高	31 31 31	小型无人机的导航 与制导仿真系统研 究	导航与控制	2009, 8(1):7-11	曾庆化
39	王建锋 刘建业 李荣冰	硕士 正高 副高	31 31 31	未知环境中微型飞 行器障碍回避与导 航技术研究进展	导航与控制	2009,29(3) :28-33	曾庆化
40	高春雷 熊智 于永军 刘建业	硕士 副高 博士 正高	31 31 31 31	惯性/星光/卫星组合 导航系统可视化仿 真研究及实现	导航与控制	2009, 8(3):6-10	曾庆化

41	吕品 刘建业 赖际舟 张玲	硕士 正高 副高 硕士	31 31 31 31	光纤惯性测量组件 的误差标定改进算 法及实现	导航与控制	2009,8(3):6 4-68	曾庆化
42	曾庆化 刘建业 赵飞 孙永荣	副高 正高 硕士 副高	31 31 31 31	基于GPS和无线传感 器的智能交通系统	全球定位系统	2009,34(5): 34-37	曾庆化
43	冀峰 赵伟 李荣冰 刘建业 陈计辉	硕士 副高 副高 正高 硕士	31 31 31 31 31	自适应钟差模型在 GPS/INS深组合中的 应用研究	弹箭与制导学报	2009,29(5): 73-75	曾庆化
44	熊智 王融 刘建业	教授 博士 教授	31 31 31	绕飞构型运动学设计	航天控制	2009,27(6):33-	曾庆化
45	任爱爱 孙永荣 马涛	硕士 副高 硕士	31 31 31	移动机器人 DGPS/DR组合导航 技术研究	机械与电子	2009,(3):58- 61	曾庆化
46	苏佑宇 孙永荣 丁佐权	硕士 副高 硕士	31 31 31	基于LabVIEW的电 机工作特性测控系 统研究	机床与液压	2009,37(8): 135-138	曾庆化
47	苏佑宇 孙永荣 苗剑峰	硕士 副高 博士	31 31 31	Vega的车辆交通事 故三维复现系统研 究与实现	机械与电子	2009,28(5): 34-36	曾庆化
48	吴大俊 范胜林 刘建业	硕士 副高 正高	031 031 031	基于延迟与累积结构 的伽利略信号快捕方 案	弹箭与制导学报	2009, 29 (4)	范胜林
49	宋桂华 赵伟 刘建业	硕士 副高 正高	31 31 31	多路ARINC429数据 传输的设计与实现	微处理机	2009,30(03) :116-118	曾庆化
50	文立 刘建业 李荣冰	硕士 正高 副高	31 31 31	面向深组合导航技 术的GPS软件接收机 捕获算法	弹箭与制导学报	2009,29(1):31-	曾庆化
51	吕品 刘建业 赖际舟 凌冬	硕士 正高 副高 硕士	31 31 31 31	光纤陀螺实时小波 去噪中的阈值选取	弹箭与制导学报	2009,29(1):18-	曾庆化
52	郑智明 刘建业 赖际舟 钱伟行 祝燕华	硕士 正高 副高 博士 博士	31 31 31 31 31	螺旋随机噪声的实时滤	数据采集与处理	2009,24(5):271-	曾庆化
53	张士钰 孙永荣 陈武 沈雪松	硕士 副高 正高 博士	31 31 香港 理工 香港 理工	低成本MEMS加速度 计在组合车辆导航 中的应用研究	电子测量技术	2009,32(11) :51-54	曾庆化

54	丁佐权 孙永荣 肖纪立 王君龙	硕士 副高 高工 硕士	31 31 31 31	模糊理论直接张力 控制系统设计与实现	机械与电子	2009,(8):32-3	曾庆化
55	胡春波 曾庆化 钱伟行	硕士 副高 博士	31 31 31	动态传递对准与导航一体化半物理仿真研究	军航空工程学院学	9,24(6):651-	曾庆化
56	陈方 熊智 郁丰 刘建业	硕士 副高 博士 正高	31 31 31 31	基于双摄像机的位姿估计迭代融合算法研究	微电子学与计算机	9,26(5):160-	曾庆化
57	张玲 刘建业 赖际舟	硕士 正高 副高	31 31 31	旋转光纤捷联惯性导航系统的误差调制分析	弹箭与制导学报	2009,29(2):1-4	曾庆化
58	钱伟行 刘建业 李荣冰 郑智明	博士 正高 副高 硕士	31 31 31 31	高速、高动态下的捷联惯导空中粗对准方法	中国惯性技术学报	2009,17(4):388-392	曾庆化
59	陈浩 范胜林 刘建业	硕士 副高 正高	031 031 031	GPS/Galileo组合导航定位系统中的选星算法	弹箭与制导学报	2009, 29(4)	范胜林
60	吴玲 孙永荣 陈达立 俞晓磊	硕士 副高 正高 博士	31 31 外单 位 31	多星座组合导航系统定位性能研究	弹箭与制导学报	2009,29(2):16-19	曾庆化
61	吴玲 孙永荣 俞晓磊 李荣冰	硕士 副高 博士 副高	031 031 031 031	GPS/GLONASS/GALILEO多星座组合导航系统研究	中国空间科学技术	2009,(3):23-28	曾庆化
62	任爱爱 孙永荣 胡应东 陈武	硕士 副高 硕士 正高	031 031 031 香港理工	无人机航向测量抗差补偿滤波技术研究	传感器与微系统	2009, 28(5):34-36	曾庆化
63	曹辉 熊智 郁丰	硕士 副高 博士	031 031 031	星座双频测距测速自主定位与守时	应用科学学报	2009, 27(2):216-220	曾庆化
63	陆海勇 赵伟 熊剑 赖际舟 刘建业	硕士 副高 博士 副高 正高	031 031 031 031 031	捷联惯导初始对准的超球体采样SRUKF算法	应用科学学报	2009, 27(3):311-315	曾庆化
64	黄徽 刘建业 李荣冰	硕士 正高 副高	031 031 031	六余度配置MEMS-IMU误差标定	应用科学学报	2009, 27(1):106-110	曾庆化

65	孙茜 刘建业 李荣冰	硕士 正高 副高	031 031 031	基于混合控制的闭环 MEMS陀螺建模与仿真	传感器与微系统	2009, 28(1) :36-39	曾庆化
66	宋宝璋 赵伟 谢征 刘建业	硕士 副高 博士 正高	031 031 031 031	新型低温哨音超流体 陀螺模型	应用科学学报	2009, 27(3) :321-325	曾庆化
67	赵宾 刘建业 曾庆化 钱伟行	硕士 正高 副高 博士	031 031 031 031	基于比力积分匹配的 惯导系统传递对准	应用科学学报	2009, 27(4) :425-429	曾庆化
68	周翟和 刘建业 赖际舟	博士 正高 副高	031 031 031	组合导航直接滤波模 型中的高斯粒子滤波	应用科学学报	2009, 27(1) :97-101	曾庆化
69	钱伟行 刘建业 赵伟 祝燕华	博士 正高 副高 博士	031 031 031 031	Novel Method Improving the Alignment Accuracy of a SINS on a Revolving Mounting Base	系统工程与电子 技术	2009, 20(5) :1052-1057	曾庆化
70	苗剑峰 孙永荣 陈武 刘建业	博士 正高 正高 正高	031 031 外单 位 031	GPS软件接收机并行处 理的实现	应用科学学报	2009, 2(1) :203-209	曾庆化
71	孙永荣 胡应东 陈武 赖际舟	副高 硕士 正高 副高	031 031 外单 位 031	基于GM(1, 1)改进模 型的建筑物沉降预测	南京航空航天大 学学报	2009, 41(1) :107-110	曾庆化
72	陈方 熊智 许允喜 刘建业	硕士 副高 外校 正高	031 031 外校 031	惯性组合导航系统中 的快速景象匹配算法 研究	宇航学报	2009, 30(6) :2308-2316	曾庆化
73	周翟和 刘建业 赖际舟 熊剑	博士 正高 副高 博士	031 031 031 031	Rao-Blackwellized 粒子滤波在SINS/GPS 深组合导航系统中的 应用研究	宇航学报	2009, 30(2) :515-520	曾庆化
74	熊剑 刘建业 赖际舟 钱伟行	博士 正高 副高 博士	031 031 031 031	一种陀螺量测信息辅 助的快速初始对准方 法	宇航学报	2009, 30(4) :1455-1459	曾庆化

75	熊剑 刘建业 赖际舟 谢征	博士 正高 副高 博士	031 031 031 031	基于二阶插值滤波的 粒子滤波改进算法研 究	控制与决策	2009, 24(6) :907-910	曾庆化
76	钱伟行 刘建业 李荣冰 郑智明	博士 正高 副高 硕士	031 031 031 031	INS/GNSS组合导航系 统空中快速对准方法	航空学报	2009, 30(12)):2395- 2400	曾庆化
77	俞晓磊 孙永荣 刘建业 许睿	博士 副高 正高 博士	031 031 031 031	Multiple Satellite Integrated Navigation System Based on Self- adaptive Soft- switch Technology	宇航学报	2009, 30(4): 1435-1442	曾庆化
78	李荣冰 刘建业 赖际舟 熊剑	副高 正高 副高 博士	031 031 031 031	Sigma-Point直接式 卡尔曼滤波惯性组合 导航算法	控制与决策	2009, 24(07)):1018- 1022	曾庆化
79	孙永荣 吴玲 赵伟 刘建业	副高 硕士 副高 正高	031 031 031 031	多星座组合导航自适应 联合卡尔曼滤波算 法研究	宇航学报	2009, 30(5) :1879-1884	曾庆化
80	刘建业 李丹 熊智	正高 博士 副高	031 031 031	一种改进的残差 χ^2 检 验方法在联邦UKF滤波 器中的应用研究	仪器仪表学报	2009, 30(12)):2568- 2573	曾庆化
81	刘建业 郁丰 贺亮 熊智	正高 博士 博士 副高	031 031 外单 位 031	导航星座的自主定位 与守时研究	宇航学报	2009, 30(01)):215-219	曾庆化
82	俞晓磊 孙永荣 刘建业 陈冰文	俞晓磊 孙永荣 刘建业 陈冰文	031 031 031 外单 位	Autonomous Navigation for Unmanned Aerial Vehicles Based on Chaotic Bionics Theory	Journal of Bionic Engineering	2009, 6(3): 270- 279	曾庆化
83	乔黎 刘建业 郑广楼 熊智	博士 教授 硕士 副教授	031 031 031 031	Augmentation of XNAV System to an Ultraviolet Sensor-Based Satellite Navigation System	IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN SIGNAL PROCESSING	VOL. 3, NO. 5, 777-785 OCTOBER 2009	曾庆化

84	陆海勇 赵伟 贺荣光 赖际舟	硕士 副高 博士 副高	031 031 外单 位 031	强跟踪UKF滤波在 SINS_GPS组合导航中 的应用研究	航空电子技术	2008, 39(4) :5-10	曾庆化
85	胡应东 孙永荣 于捷杰 熊智	硕士 副高 硕士 副高	031 031 031 031	基于GPS多天线的高层 建筑变形监测系统研 究	传感器与微系统	2008, 27(11)):11-14	曾庆化
86	康国华 刘建业 刘瑞华 赵伟	博士 正高 副高 副高	031 031 外单 位 031	自适应闭环H _∞ 滤波在 组合导航系统中的实 现研究	控制理论与应用	2008, 25(3) :547-550	曾庆化
87	李浩 陆宇平	硕士 正高	031	基于模糊算法的报警 阈值设计方法	第三届中国导航、 制导与控制学 术会议论文集	2009. 11	陆宇平
88	唐尧文 陆宇平	硕士 正高	0310 31	基于LMI的H _∞ 超低空 空投纵向姿态控制与 航迹跟踪研究	第三届中国导航、 制导与控制学 术会议	2009. 11	陆宇平
89	王永华 陆宇平	硕士 正高	0310 31	超低空空投评估平台 的设计和实现	第三届中国导航、 制导与控制学 术会议	2009. 11	陆宇平
90	陈磊 陆宇平	硕士 正高	0310 31	飞翼无人机主轮差动 刹车系统的建模与仿 真	计算机技术与发 展	2009, 19 (6)	陆宇平
91	高有涛 陆宇平	博士 正高	0310 31	卫星编队飞行的神经 网络滑模控制	应用科技学报	2009, 27 (6)	陆宇平
92	高有涛 陆宇平	博士 正高	0310 31	卫星编队飞行的探测 目标指向动力学与控 制方法研究	宇航学报	2009, 30 (3)	陆宇平
93	吴俊 陆宇平	博士 正高	0310 31	基于微系统阵列的变 形翼的控制研究 Decentralized control of spatially interconnected	传感器与微系统	2009, 28 (2)	陆宇平
94	何真 陆宇平	博士 正高	0310 31	affine fuzzy systems with application to a morphing airfoil	ICIC Express Letters	2009, 3 (3)	陆宇平
95	陆宇平 何真	正高 博士	0310 31	变体飞行器控制系统 综述	航空学报	2009, 30 (9)	陆宇平
96	徐玲玲 杨忠 张绍杰 何成东	硕士 教授 讲师 硕士	031 031 031 031	基于故障树的飞机液 压系统故障诊断专家 系统设计	中国航空学会飞 行器控制与操纵 第十三次学术会 议	2009. 08, 中国大连	杨忠
97	杨成顺 杨忠	硕士 教授	031 031	基于红外标志灯的无 人机视觉编队技术研 究	中国航空学会飞 行器控制与操纵 第十三次学术会 议	2009. 08, 中国大连	杨忠
97	何成东 杨忠 张绍杰 徐玲玲	硕士 教授 讲师 硕士	031 031 031 031	民机公共设施综合管 理系统体系研究	中国航空学会飞 行器控制与操纵 第十三次学术会 议	2009. 08, 中国大连	杨忠

98	栾迪 杨忠 张君慧	硕士 教授 硕士	031 031 031	一种多无人机协同攻击航迹规划方法	中国智能自动化会议论文集(第二分册)	2009. 09, 中国南京	杨忠
99	蔡克忠 杨霄宁 黄方挺	硕士 教授 副教授	031 031 外单位	一种新的直升机巡检系统电力线提取算法	计算机技术与发展	2009, 19 (10)	杨忠
100	陈卫忠 杨忠涛 吴涛	硕士 教授 硕士	031 031 031	MEMS加速度传感器在微型特种机器人中的应用	传感器与微系统	2009, 28 (7)	杨忠
101	董荣俊 杨忠剑 樊琼挺 方挺涛 吴涛	硕士 教授 博士后 博士 博士	031 031 031 031 031	一种结构简化球形机器人的动力学分析与仿真	机械科学与技术	2009, 18 (11)	杨忠
102	樊琼剑 李莉 沈春林 杨忠军 龚华敏 赵敏	博士后 博士 教授 教授 教授 教授	031 031 031 031 031 032	体三维显示系统中静态成像技术的死区研究	光电工程	2009, 36 (5)	杨忠
103	樊琼剑 杨忠挺 方挺涛 沈春林	博士后 教授 博士 教授	031 031 031 031	多无人机协同编队飞行控制的研究现状	航空学报	2009, 30 (4)	杨忠
104	刘成功 杨忠 樊琼剑	硕士 教授 博士后	031 031 031	基于CMAC的无人机紧密编队飞行控制研究	传感器与微系统	2009, 28 (7)	杨忠
105	张君慧 杨忠 栾迪 樊琼剑	硕士 教授 硕士 博士 博士后	031 031 031 031 031	多无人机紧密编队飞行模型	第三届中国导航、制导与控制学术会议	2009. 11, 中国北京	杨忠
106	钟亮 杨忠 樊琼剑	硕士 教授 博士后	031 031 031	一种仿生触须传感器的设计与分析	传感器与微系统	2009, 28 (5)	杨忠
107	杨忠 吴惠祥 姜遇红 樊琼剑	教授 讲师 高工 博士后	031 014 无人 机院 031	头盔质量特性高精度测试仪研究	仪器仪表学报	2009, 30 (2)	杨忠
108	王玉惠 吴庆宪 姜长生	中级 正高 正高	031 031 031	Reentry Attitude Tracking Control Based on Fuzzy Feedforward or Reusable Launch Vehicle	International Journal of Control, Automation, and Systems	2009, 7 (4)	王玉惠

109	王玉惠 吴庆宪 姜长生	中级 正高 正高	031 031 031	Modified Levenberg- Marquardt Method for Rössler Chaotic System Fuzzy Modeling Training	International Journal of Modern Physics B	2009, 23 (24)	王玉惠
110	Mou chen, w en-hua Chen	副高	031	Robust adaptive neural network synchronization controller design for a class of time delay uncertain chaotic systems	Chaos, Solitons and Fractals	41 (2009)	陈谋
111	Mou Chen, S huzhi Sam Ge, Yoo Sang Choo	副高	031	Neural Network Tracking Control of Surface Vessels with Input Saturation	Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics Shenyang, China August 2009	2009. 8	陈谋
112	陈谋 姜长生 姜斌 吴庆献			Sliding mode synchronization controller design with neural network for uncertain chaotic systems	Chaos, Solitons and Fractals	39 (2009)	
114	陈谋 姜长生	副高 正高	031 031	自适应模糊逻辑的多 模型跟踪	光学精密工程	2009, 17 (4)	姜长生

基于 H. 264/AVC 的帧层码率控制算法

周芦明 刘春生 罗 亮

(南京航空航天大学自动化学院, 南京 210016)

摘 要 在研究和分析了 H. 264/AVC 经典码率控制算法的基础上, 提出了一种新的帧层码率控制算法。该算法充分利用各帧的复杂度以及目标缓冲区优化比特分配, 同时采用了卡尔曼滤波器估计 MAD 的方法。与以往码率控制算法相比, 该算法能更加合理地分配各帧的目标比特数, MAD 预测也更加精确, 从而提高了量化参数 QP 预测的准确性。实验结果表明, 该算法能提高码率控制的精度, 并使图像总体质量有一定程度的提高。

关键词 H. 264 码率控制 复杂度 卡尔曼滤波

中图法分类号: TN919.8 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2009)09-1813-06

Frame Layer Rate Control Algorithm for H. 264 Video Encoder

ZHOU Lu-ming, LIU Chun-sheng, LUO Liang

(College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016)

Abstract Based on the research and analysis of the H. 264/AVC classical rate control algorithms, a new frame-rate control algorithm is proposed in this paper. The algorithm takes full advantage of the complexity of frame and the target buffer level to optimize the bit allocation, using a kalman filter method to estimate mean absolute difference (MAD). Comparing to the previous rate control algorithms, the algorithm can allocate the bits more rationally, and forecast MAD more accurately, thereby improve the accuracy of estimating the quantization parameter QP. The experimental results show that, compared to JM8.6 original algorithm, the proposed rate control algorithm can improve the precision of rate control, and heighten overall image quality at the same time.

Keywords H. 264, rate control, complexity, kalman filtering

1 引 言

H. 264/AVC 是由 ISO/IEC MPEG 和 ITU-T VCEG 共同建立的联合视频工作组制定的新一代视频编码标准。与以前的标准相比, 它具有压缩效率高, 网络亲和性好等优点。H. 264/AVC 采用基于宏块和运动补偿的方案, 在保持原有编码体系一系列优点的同时, 引进了许多新的技术, 包括 4×4 整数变换, 多模式的帧内预测, $1/4$ 像素精度的运动估计, 宏块的灵活分割, 环路滤波器的功能等^[1]。

码率控制的目的是调整输出码流的码率, 充分

利用信道带宽, 以便尽可能地保证视频图像的总体质量。码率控制作为视频编码的重要组成部分, 现有的视频压缩标准都对其进行了广泛的研究。目前经典的码率控制方法有 MPEG-2 的 TM5, H. 263 的 TMN8 以及 MPEG-4 的 VM8。

现有的 H. 264/AVC 参考代码采用的是由 Li 等人提出的 JVT-G012 提案^[2]中的算法。该算法采用平均分配的方法分配帧层比特数和线性模型预测当前帧的 MAD (mean absolute difference)。由于各帧的复杂度不同以及线性模型的不准确性, 该算法输出的码率波动性比较大。针对这一问题, 本文提出了一种利用帧的复杂度和目标缓冲区来优化帧层的

收稿日期: 2008-01-23; 改回日期: 2008-06-12

第一作者简介: 周芦明 (1985~), 男, 南京航空航天大学控制理论与控制工程专业硕士研究生。主要研究方向为 H. 264 视频编码与图像处理。E-mail: zhouluming1985@163.com

比特分配以及采用卡尔曼滤波的方法提高了 MAD 预测准确性的算法。为简单起见,本文中 GOP (group of pictures) 的结构为 IPPP, 即编码时第 1 帧是 I 帧, 其他帧是 P 帧。

2 H. 264 码率控制策略

2.1 R-Q (rate-quantization) 模型

H. 264/AVC 编码标准中的码率控制方法是在 MPEG-4 编码标准的基础上的发展, 它的核心是模拟信息率失真特性的二次模型^[3], 如下式:

$$T - T_H = x_1 \times \frac{MAD}{Q_{step}} + x_2 \times \frac{MAD^2}{Q_{step}^2} \quad (1)$$

式中, T 是预先分配的比特数, T_H 是编码头信息及运动矢量所占比特数, MAD 是平均绝对误差, Q_{step} 是量化步长, x_1 和 x_2 是模型参数, 其值在每编完一帧后都要进行更新。

二次模型的引入提高了 H. 264/AVC 的 QP (quantization parameter) 预测的准确性。由式 (1) 可以看出, 更合理的比特分配和更精确的 MAD 估计意味着更准确的量化参数 QP 预测。

2.2 MAD 预测的线性模型

JVT-G012 提案中, 帧层和基本层均采用线性模型来预测当前图像的 MAD 值, 即通过前一图像相同位置的 MAD 值, 预测当前图像的 MAD 值。线性预测模型如下式:

$$MAD_c = \alpha_1 \times MAD_p + \alpha_2 \quad (2)$$

式中, MAD_c 和 MAD_p 分别表示当前图像 MAD 的预测值和前一图像 MAD 的实际值, α_1 和 α_2 是模型参数, 其初始值分别设为 1 和 0。每个图像或基本单元编码完成后, 模型参数需要更新。

2.3 帧层比特分配

H. 264/AVC 的码率控制算法中, P 帧的目标比特预分配主要受到目标缓冲区的 BufferFullness 以及 GOP 剩余可分配的比特数两个方面的影响。P 帧的目标比特数可表示为

$$f(n_{i,j}) = \beta \times \hat{f}(n_{i,j}) + (1 - \beta) \times \hat{f}(n_{i,j}) \quad (3)$$

式中, $f(n_{i,j})$ 为第 i 个 GOP 中第 j 个 P 帧的目标比特数, $\hat{f}(n_{i,j})$ 为根据剩余比特数计算出的各帧目标比特数, $\hat{f}(n_{i,j})$ 为根据缓冲区状态计算出的目标比特数。 β 为权重系数。在没有 B 帧的情况下, β 值设为 0.5。 $\hat{f}(n_{i,j})$ 和 $\hat{f}(n_{i,j})$ 分别由下式计算:

$$\hat{f}(n_{i,j}) = \frac{T_r(n_{i,j})}{N_{p,r}(j-1)} \quad (4)$$

$$\hat{f}(n_{i,j}) = \frac{u(n_{i,j})}{F_r} + 0.5 \times (T_{bl}(n_{i,j}) - B_c(n_{i,j})) \quad (5)$$

式中, $T_r(n_{i,j})$ 为当前 GOP 剩余的比特数, $N_{p,r}(j-1)$ 为当前 GOP 中还未编码的 P 帧数, $u(n_{i,j})$ 为目标码率, F_r 为帧频, $T_{bl}(n_{i,j})$ 和 $B_c(n_{i,j})$ 分别表示第 i 个 GOP 的第 j 个 P 帧编码完成后目标缓冲区和实际缓冲区的 BufferFullness。

3 比特分配的优化

3.1 基于帧复杂度的比特分配优化

由于在 JVT-G012 提案中, 剩余比特实际上是平均分配给未编码的各帧, 这样做并没有考虑到各帧的纹理复杂度和场景运动差异, 各帧得不到与其复杂度相适应的目标比特数, 导致编码后各帧的质量和码率输出波动性很大。在文献 [4] 中, Min 等人引入 MAD_{ratio} 与 $PSNR_{ratio}$ 来衡量帧的复杂度, 并利用两者一起作为帧目标比特数的加权系数。这种做法取得了比较好的码率控制效果。但经实验发现, 当视频序列快速运动与慢速运动分布不均匀时, 文献 [4] 中算法的控制效果欠佳, 因此本文提出另一种方案。为了快速平缓两种运动切换时所引起的码率波动, 定义:

$$MAD_{ratio,j} = \frac{MAD P_j}{\frac{1}{20} \left(\sum_{i=1}^{20} MAD A_{j-i} \right)} \quad (6)$$

式中, $MAD_{ratio,j}$ 表示的是当前帧的纹理复杂度, 其中 $MAD P_j$ 是根据前一帧的真实 MAD 预测出当前帧的 MAD 。 $MAD A_{j-i}$ 为第 $j-i$ 帧的真实 MAD 。

$$PSNR_{drop,j} = PSNR_{j-1} - PSNR_{skip,j} \quad (7)$$

$$PSNR_{drop-ratio,j} = \frac{PSNR_{drop,j}}{\frac{1}{20} \left(\sum_{i=1}^{20} PSNR_{drop,j-i} \right)} \quad (8)$$

式中, $PSNR_{drop-ratio,j}$ 表示的是当前帧的运动剧烈程度, 其中 $PSNR_{j-1}$ 是第 $j-1$ 帧的真实 PSNR 值。 $PSNR_{skip,j}$ 是假设第 j 帧被跳过, 根据 $j-1$ 帧的重建值和第 j 帧的原始值计算出的第 j 帧的 PSNR 值。定义一个复杂度因子如下:

$$FC = 0.7 \times MAD_{ratio,j} + 0.3 \times PSNR_{drop-ratio,j} \quad (9)$$

在这里 $MAD_{ratio,j}$ 和 $PSNR_{drop-ratio,j}$ 不再是以所有已编码的 P 帧数据做参考, 而是以最近 20 个已编码 P 帧做参考, 这样可以有效地利用相邻 P 帧的相关

性自适应调整当前帧的目标比特数。加权系数 0.7 和 0.3 是经反复实验而得到的最佳值。根据 FC , 可以计算出当前帧的目标比特数为

$$\hat{T}_c = \begin{cases} 1.7 \times T_{ave,j} & FC \geq 2.0 \\ [1.1 + 0.8 \times (FC - 1.1)] \times T_{ave,j} & 1.1 \leq FC < 2.0 \\ 0.8 \times FC \times T_{ave,j} & FC < 1.1 \end{cases} \quad (10)$$

$$T_{ave,j} = \frac{R_j}{N_{np}} \quad (11)$$

式中, R_j 为编完第 $j-1$ 帧后当前 GOP 剩余的比特数, N_{np} 为当前 GOP 中还未编码的 P 帧数。实验证明这样做能比较好地分配运动状态复杂的视频序列中各帧所需的比特数。

3.2 基于目标缓冲区的比特分配优化

在 JVT-G012 中, 各帧目标缓冲区的设置是根据第一个即时解码更新帧和第一个存储帧的编码比特数以及平均图像复杂度来进行的。在第 i 个 GOP 的第一个 P 帧编码完成后, 目标缓冲区 BufferFullness 的初始值依照下式设定为

$$Tbl(n_{i2}) = B_c(n_{i2}) \quad (12)$$

其中, $B_c(n_{i2})$ 是第 i 个 GOP 的第 2 个 P 帧编码完成后实际缓冲区的 BufferFullness。假如序列中没有 B 帧, 则随后的 P 帧的目标缓冲区 BufferFullness 为

$$Tbl(n_{i,j+1}) = Tbl(n_{i,j}) - \frac{Tbl(n_{i2})}{N_p - 1} \quad (13)$$

式中, N_p 为 GOP 中 P 帧的总数。

由于 P 帧编码是要参考前面已编码的 P 帧, 一帧图像的编码效果可以直接影响到后续 P 帧的编码质量, 因此为 GOP 前一部分帧分配更多的比特对提高整个 GOP 的压缩质量有一定作用。为了达到这个目的, 可以考虑重新设置目标缓冲区的 BufferFullness, 在这里由下式设置:

$$\tilde{Tbl}(n_{i,j}) = \begin{cases} \tilde{Tbl}(n_{i,j}) - \frac{1}{2} \times \frac{Tbl(n_{i2})}{N_p - 1} & 1 \leq j \leq \frac{N_p}{3} \\ \tilde{Tbl}(n_{i,j}) - \frac{3}{2} \times \frac{Tbl(n_{i-\frac{N_p}{3}})}{N_p} & \frac{N_p}{3} < j \leq N_p - 1 \end{cases} \quad (14)$$

根据式 (14), 当前帧的目标比特数为

$$\hat{T}_c = \frac{u(n_{i,j})}{F_r} + 0.5 \times (\tilde{Tbl}(n_{i,j}) - B_c(n_{i,j})) \quad (15)$$

$u(n_{i,j})$ 为目标码率, $\tilde{Tbl}(n_{i,j})$ 为重新设置的目标缓冲区的 BufferFullness, $B_c(n_{i,j})$ 为实际缓冲区的 BufferFullness。从上式可以看出, GOP 的前三分之一的 P 帧将比后续 P 帧分配更多的比特。

4 基于卡尔曼滤波的 MAD 预测

JVT-G012 提案利用线性模型对 MAD 进行预测, 其模型参数采用线性衰落方法进行更新, 即在一次线性拟合之后, 去除其中误差最大的两个点再进行第二次线性拟合, 从而获得新的模型参数。当选择的拟合点较多时, 计算复杂度较大, 拟合点较少时, 预测结果不够精确。为了降低预测的计算复杂度, 同时提高 MAD 预测的精度, 本文提出用卡尔曼滤波器对 MAD 进行预测。

卡尔曼滤波是以最小均方误差作为预测的最佳准则, 来寻求一套递推估计的算法, 其基本思想是: 采用信号与噪声的状态空间模型, 利用前一时刻的估计值和当前时刻的观测值来更新对状态变量的估计, 求出当前时刻的估计值。它适合于实时处理和计算机运算。在文献 [5]、[6] 中, 作者将卡尔曼滤波分别应用到运动估计和头信息估计量中, 并获得了显著的效果, 这证明将卡尔曼滤波应用到视频编码中具有可行性和有效性, 为本文提供了理论依据。

卡尔曼滤波针对的是由线性随机差分方程描述的离散控制过程中状态量进行估计的。假设某系统 k 时刻的状态变量为 x , 通常状态方程为

$$x_k = A_k x_{k-1} + B_k u_{k-1} + \omega_{k-1} \quad (16)$$

量测方程为

$$y_k = C_k x_k + v_k \quad (17)$$

式中, u_{k-1} 表示前一时刻状态变量的控制输入, $u_{k-1} \in \mathbf{R}^n$, 当系统不存在控制输入时, u_{k-1} 为零; x_k 表示状态变量, $x_k \in \mathbf{R}^n$; y_k 表示当前的观察值; A_k 为 $n \times n$ 的状态变量增益矩阵; B_k 为 $n \times l$ 的控制矩阵; C_k 为 $m \times n$ 的量测矩阵; 随机向量 ω_{k-1} 和 v_k 分别代表过程和测量噪声, 一般可以假定这两个噪声是相互独立的, 均值为零的正态白噪声:

$$p(\omega) \sim N(0, Q_k)$$

$$p(v) \sim N(0, R_k)$$

在实际系统中, 过程噪声的方差 Q_k 和测量噪声

的方差 R_k 可以时变,这里假设其为常数。对于帧层 MAD 值的预测,将各帧的 MAD 实际值作为状态变量 x_k ,将前一帧的实际值作为观察值 y_k , A_k 和 C_k 都设定为常值 1,状态方程和量测方程如下:

$$x_k = x_{k-1} + \omega_{k-1} \quad (18)$$

$$y_k = x_k + v_k \quad (19)$$

则可得到卡尔曼递推方程公式为

$$\hat{x}_k' = \hat{x}_{k-1}' \quad (20)$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k' + H_k (y_k - \hat{x}_k') \quad (21)$$

$$H_k = P_k' (P_k' + R_k)^{-1} \quad (22)$$

$$P_k' = P_{k-1}' + Q_{k-1} \quad (23)$$

$$P_k = (1 - H_k) P_k' \quad (24)$$

各系数的物理意义: $\hat{x}_k'$ 为校正前估计值,即先验估计; $\hat{x}_k$ 为校正后的估计值,即后验估计; H_k 为卡尔曼的增益矩阵; P_k' 为校正前的 MAD 均方误差,即先验方差; P_k 为校正后的误差均方差,即后验方差; Q_k 为输入噪声方差, R_k 为观测噪声方差。卡尔曼滤波器的输入参数为第一个已编码 P 帧的 MAD,输出则作为各帧的 MAD 预测值。经大量实验结果证明,当 $P_0 = 0.5$, $Q_k = 20$ 和 $R_k = 1$ 时,预测效果比较好。为了比较预测准确性,这里定义 $error$ 为总的预测误差,其由下式计算:

$$error = \sum_{j=0}^{N_p} (MAD P_j - MAD A_j)^2 \quad (25)$$

式中, $MAD P_j$ 表示第 j 帧的预测 MAD 值, $MAD A_j$ 表示第 j 帧的真实 MAD 值, N_p 为 GOP 中 P 帧的总数。

表 1 是利用卡尔曼滤波器预测 MAD 与利用线性模型预测 MAD 的实验结果。测试模型采用 JM (Joint mode) 8.6,测试序列都为 QCIF 格式,长度为 150 帧,帧率为 30 fps,量化参数为 24,搜索范围为 16,参考帧为 10 帧,编码方式为 CAVLC。

表 1 卡尔曼滤波与线性模型的实验结果

Tab 1 Results of the kalman filter and the linear model

序列	卡尔曼滤波 error	线性模型 error
Claire	0.410 198	0.574 524
Silent	1.991 773	2.553 014
Grandma	0.959 098	1.637 360
Suzie	2.114 215	2.756 026
Highway	0.212 144	0.249 771

从表中数据可以看出卡尔曼滤波器预测 MAD 的总误差明显比线性模型预测的小,基本上后者的

误差比前者大出 20% 以上。这证明卡尔曼滤波器比线性模型预测 MAD 更加准确。

5 帧层码率控制算法

综合上述内容,确定 GOP 中 P 帧量化参数的具体步骤如下:

(1) GOP 的 I 帧和第 1 个 P 帧的量化参数采用 JVT-G012 中的方法确定;

(2) 根据式 (10) 和式 (15) 得到 $\hat{T}_c$ 和 $\hat{T}_c$, 后续 P 帧的目标比特数可由两者共同决定,其计算公式如下:

$$T = 0.5 \times \hat{T}_c + 0.5 \times \hat{T}_c \quad (26)$$

(3) 当实际缓冲区的 BufferFullness 超过缓冲区大小的 75% 时,就有发生上溢的危险。为了防止实际缓冲区发生上溢,将当前帧的目标比特数按下式进行调整:

$$T_c = \begin{cases} T & B_c(n_{i,j}) < 0.75 \times \text{Buffersize} \\ T - 0.5 \times (B_c(n_{i,j}) - 0.75 \times \text{Buffersize}) & B_c(n_{i,j}) \geq 0.75 \times \text{Buffersize} \end{cases} \quad (27)$$

其实 Buffersize 表示缓冲区的大小;

(4) 最终当前帧的目标比特数分配如下:

$$T_c = \max \left\{ T_c, \frac{u(n_{i,j})}{10 \times F} \right\} \quad (28)$$

(5) 根据卡尔曼滤波器预测当前帧的 MAD 值;

(6) 调用二次 R-D 模型,根据上述步骤中得到的目标比特数和 MAD 的预测值计算出当前帧的量化参数 QP,对当前帧进行编码;

(7) 更新参数,检查 GOP 是否已经编码完,编完进入步骤 (1),否则进入步骤 (2)。

6 实验结果

实验使用校验模型 JM8.6 作为测试视频编码软件。共取了 4 个 QCIF 格式的 Claire, Coastguard, Miss-america, Bridge-cbse 和一个 CIF 格式的 Pair 序列做测试,各视频序列都取 150 帧进行测试,测试条件与测试卡尔曼滤波器时的条件相同。为了比较算法的比特分配的准确性,这里将在文献 [7] 中定义的码率偏移 bit_rate_deviation 作为测试内容。观察