南京理工大学本科生科研训练“百千万”计划开题报告

填写说明：①正文内容格式均采用宋体小四号、单倍行距；②表格大小可根据内容相应调整； ③正文中所有解释或说明供填写参考，请在借鉴完毕后删除；

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称 | 星载VDES接收碰撞信号分离技术研究 | | | | |
| 资助类别 | 国家级（ ）； 省级（ ）； 校级重点（√）；校级普通（ ） | | | | |
| 项目来源 | 部、省级以上科研课题（ ）企、事业单位委托课题（ ）卓工计划联合培养项目（ ）学生自拟课题（ ）竞赛项目（ ）其他（ ） | | | | |
| 项目组成员 | 姓名 | 学号 | 学院 | 专业 | 是否主持人 |
| 姜大伟 | 9201040G0819 | 电子工程与光电技术学院 | 电子信息类 | 是 |
| 邓若钧 | 9201040G0802 | 电子工程与光电技术学院 | 电子信息类 | 否 |
| 陈诗蓥 | 9201040G0801 | 电子工程与光电技术学院 | 电子信息类 | 否 |
| 指导教师 | 姓名 | 职称 | 学院 | 电话 | |
| 李鹏 | 副教授 | 电子工程与光电技术学院 | 84315551 | |
| **一、项目简介（**项目背景、主要研究内容、拟解决的主要问题**）**   1. **项目背景**   甚高频数据交换系统（VHF Data Exchange System，VDES）是由国际航海标准协会和国际电信联盟共同提出的新一代海上数据交换系统。该系统作为船舶自动识别系统（Automatic Identification System，AIS）的升级版，增加特殊应用报文（Application Specific Message，ASM）和甚高频数据交换（VHF Data Exchange，VDE）两个子系统，传输数据内容和形式更丰富，为船舶提供身份识别、位置报告等服务，是海上通信的主要工具和航行安全的重要保障。   1. **主要研究内容**   本项目针对星载VDES接收碰撞信号分离技术开展研究，分析星载VDES碰撞信号分离模型，完成星载VDES碰撞信号分离算法的仿真与性能分析，找到高效的碰撞信号分离算法。   1. **拟解决的主要问题**   星载VDES系统的出现虽然在一定程度上缓解了星载AIS链路负载，但依旧存在信号时隙碰撞的问题，会造成船舶信息的丢失，影响航行安全，因此星载VDES接收信号的碰撞分离成为系统应用亟待解决的重要问题。  针对时隙碰撞的信息丢失问题，为了从混合信号中提取出有用的船舶信息，考虑到消息发送间隔、信号混叠程度，为了实现盲信号分离，我们可以使用独立分量分析的分离方法，通过改进分离算法，实现仅增加少量的计算量就可保持整体的收敛性，有效降低算法耗时，实现信号的实时处理，有效地实现了AIS信号的分离。  针对单通道接收碰撞信号分离问题，可以在对盲分离模型进行研究的基础上，拟提出一种改进的基于逐幸存路径处理的单通道盲分离，利用 PSP搜索出最优状态转移路径，对码元和信道进行联合估计，实现单通道信号盲分离，最终利用MATLAB对提出算法的解碰撞性能进行仿真分析。  针对多通道碰撞信号分离算法研究的问题，可以在对塔克分解以及标准分解深入剖析的基础上，拟提出一种基于随机近端梯度张量分解的多通道碰撞信号分离算法。在该算法的基础上，可以对经典张量分解做出改进，对标准分解求核张量的过程进行优化，加速目标函数的搜索，缩短分解计算时间，提高搜索精度。最后利用 MATLAB 对提出算法的解碰撞性能进行仿真分析。 | | | | | |
| **二、文献综述及主要参考文献（**通过对本研究密切相关的至少9～11篇参考文献进行整理和归纳，介绍国内外学者对这些问题的研究结果及对其前景的看法**）**  **1.国内外研究现状**  VDES的概念自2013年在ITU-RWP5B会议上被提出以来，就引起了各界的广泛关注。作为AIS系统的升级版，VDES可全面支持ASM数据交换业务、增强海事通信（EnhancedMaritimeCommunication，EMC）、电子导航（E-Navigation）以及全球海上遇险与安全系统（GlobalMaritimeDistressandSafetySystem，GMDSS）现代化。  2014年，法国提出关于未来十年的VDES系统发展规划，包含两个层面，分别为规则层和实施层。在规则层方面，希望召开相关会议给予VDES规则和标准方面强有力的支撑；在实施层方面，希望规范VDES各子系统发射和接收信号原理样机的研制、场外测试、卫星技术研发以及发射验证等相关标准。同年，南澳大利亚大学电信研究所和英国爱尔兰灯塔管理局进行合作，对VDES信道开展了一系列探测活动。  2015年4月，IALA在MSC95会议上作出了关于VDES系统发展报告，报告详细阐述了对于VDES信道划分的发展规划。同年11月，WRC15会议重点讨论了关于频段划分问题，IALA、中国、加拿大以及欧洲分别提出关于VDES系统的频率划分方案，但对于卫星频段的使用仍然存在分歧。最终ITU在WRC15上批准了对VHF频谱资源的重新划分方案，方案中预留2个信道来传输和船舶导航无关的数据信息，而卫星部分的频段及其兼容性在WRC19召开之前确定。  此外，国外相关企业也纷纷参与其中，与海事部门展开合作，积极寻求VDES系统在标准制定、样机试验以及性能检测等各方面的突破。欧洲航天局（EuropeanSpaceAgency，ESA）成功利用谷歌手机获取VDES系统设备的广播信息以及船舶数据；日本船台厂商则研发了一款专门针对VDES地面系统的模拟器；荷兰ISIS公司设计了一款适用于星载VDES系统的高效发射装置，该装置拥有6W发射功率，下行链路可以达到40kbps数据速率，对星载VDES系统的进一步研究和发展起到积极作用。  2017年7月14日，由加拿大多伦多大学航空航天研究所太空飞行实验室与挪威太空中心合作研发的海上监视微卫星NorSat-2被发射到联盟号上，进入同步轨道。它是挪威航天中心建造的第四颗在轨卫星，也是第一批提供VDES服务的卫星之一。该项目得到欧洲航天局和IALA的支持，旨在证明卫星与船舶进行甚高频数据交换协议的可行性，有助于开辟一种新方法来传输优先级高的信息，例如导航路线，海冰预测以天气数据等。  IALA在G1117号标准文件中提出将按照四个阶段逐步完善VDES系统：2015年至2017年，拟定VDES相关草案、制定国际通信标准，开发和发射试验卫星；2017年至2018年重点推进VDES地面系统的研究；2019年至2020年主要布局卫星系统；2021年后完整实现星载VDES系统的功能，并推广使用。  我国海事局和研究所同样对VDES系统高度重视，他们紧跟发展动态，时刻关注eNavigation战略的发展方向，在多个领域都加大研发力度。近年来，已有多个团队投身星载VDES系统的研究之中，取得了有效阶段性成果。  2016年初，航天一院与大连海事大学共同合作，综合利用双方通信导航的行业基础及复杂通信网络的技术优势，对星载VDES系统的底层设备软件及系统平台进行深入研究。2017年1月9日，由北京凯盾环宇科技有限公司与北京九天微星科技发展有限公司联合设计的“凯盾一号”卫星在酒泉卫星发射中心搭载“快舟一号”火箭发射并成功进入预定轨道，该星是全球海事VDES通信卫星首次上天试验。  2020年8月，由国防科技大学自主研制的“天拓五号”卫星在酒泉卫星发射中心搭载“长征二号丁”运载火箭发射升空，该卫星主要任务是对新一代VDES系统等新技术进行验证，是我国在卫星通信领域取得的又一自主创新成果。  除此之外，国内外众多研究人员在针对VDES系统理论研究方面也取得了一定进展。北京邮电大学主要对信道及调制解调等技术进行了研究。文献[1]对星载VDES系统中的VDE-SAT上下行链路进行信道估计以适应高速率的数据传输需求和卫星时变的信道特性，最终提高系统的通信质量。文献[2]则对接入算法和调制方式进行研究，并在此基础上初步设计了一个包括ASM信号模拟源及接收机的ASM系统。大连海事大学则对不同调制方式和接入协议标准进行探讨。文献[3]重点研究了不同调制方式下的VDE-TER载波同步技术，并提出精度较高的基于训练序列的双巴克码频偏估计算法。  文献[4]针对VDES系统拟采用的调制解调技术进行深入研究，设计并实现基带成型滤波器，分析了解调过程中的位同步算法以及载波同步算法。文献[5]对AIS系统使用的自组织时分接入协议进行性能仿真，并据此提出一种可有效降低时隙冲突率的多址接入协议，对未来VDES系统制定协议标准具有一定参考价值。而在星载VDES系统卫星星座和卫星网络路由设计方面，电子科技大学作出一定贡献。  文献[6]基于遗传算法提出一种卫星星座设计方法，该方法能够实现对地面指定区域全面覆盖的同时优化通信链路性能，提高频谱利用率。文献[7]提出一种软件定义卫星网络架构，结合卫星网络特点提出一种多目标卫星路由算法，该算法基于蚁群算法解决了收敛速度慢、易限于局部最优解等问题。  以上文献主要是针对调制解调、接入协议或者卫星方面的研究。在实际应用中星载AIS接收机接收数据时，信号发生碰撞的情况十分频繁，星载VDES系统的出现在一定程度上缓解了链路负载压力，但依旧存在信号碰撞导致信息丢失的问题。船舶信息关乎航行安全，星载接收信号碰撞问题必须加以重视和解决。  针对单通道接收碰撞信号分离问题，文献[8]在对盲分离模型进行研究的基础上，提出了一种改进的基于逐幸存路径处理（PerSurvivorProcessing，PSP）的单通道盲分离算法，该算法利用PSP搜索出最优状态转移路径，对码元和信道进行联合估计，最终实现单通道信号盲分离。文献[9]为了解决传统经验模态分解（EmpiricalModeDecomposition，EMD）算法中的端点效应问题，利用散度对EMD算法进行改进，得到一种改进的星载AIS信号单通道分离方法。文献[10]胡昌海研究了AIS混合信号的单通道盲分离算法。基于Viterbi算法，给出了一种分支判决反馈的单通道盲分离算法，该算法基于混合信号的延时差异，将信号划分为不同分支，并通过不同分支的解调信息进行相互迭代，既降低了算法复杂度，又具有较好的估计性能。  针对多通道接收碰撞信号分离问题，胡昌海研究了AIS混合信号的多通道盲分离算法。根据混合矩阵系数为混合信号幅度这一特点，提出了一种基于恒模特性的AIS混合信号多通道盲分离算法，该算法消除了混合矩阵估计不确定性所带来的影响，并且具有复杂度低的优势，对于AIS混合信号盲分离具有很强的适应性。为了降低噪声放大问题的影响，基于分离后各个支路噪声的相关性，提出了一种最小化噪声方差的降噪处理方法，该方法降噪作用突出，性能增益明显，具有较强的创新性和实用性。文献[11]对多通道接收碰撞信号进行分离研究，提出一种基于分级迭代的变步长自适应分解算法（EquivariantAdaptiveSeparationviaIndependence，EASI），相对传统EASI算法其收敛速度更快。文献[12]王娈针对星载AIS信号的时隙碰撞问题，建立了基于阵列接收的多通道碰撞信号分离模型。在对经典独立成分分析算法进行研究的基础上，提出了基于Nadam的信息极大化碰撞信号分离算法。算法利用Nesterov加速自适应矩估计改善了信息极大算法在寻优过程中使用随机梯度下降易陷入局部最优的缺点，能够利用一阶矩与二阶矩信息对学习速率进行自适应调整，取得了很好的碰撞信号分离效果。  **2.总结与前景展望**  不论是在合作通信系统还是在非合作通信系统中，由于混合信号的普遍存在会给通信系统的有效性和可靠性传输造成不利影响，因此研究盲源信号分离算法及应用具有重要的意义，盲源信号分离的算法和应用由于其对先验信息要求不高的优点，一直是国内外信号处理领域的研究热点，但是还面临着很多技术挑战和研究难点，比如时变信号的盲源信号分离、低信噪比条件下的盲源分离、单通道的盲源信号分离等。  **3.参考文献**  [1] 李屹. VDE-SAT 上下行链路信道估计的研究与仿真[D]. 北京邮电大学, 2017.  [2] 胡广煜. 基于VDES系统的调制和接入算法研究[D]. 北京邮电大学, 2017.  [3] 黄建霖. VDE-TER 载波同步技术研究[D]. 大连海事大学, 2018.  [4] 朱文龙. VDES的调制解调算法与实现研究[D]. 大连海事大学, 2015．  [5] 张凌. VDES海上通信系统多址接入协议研究[D]. 大连海事大学, 2018．  [6] 张伟. VDES卫星星座设计及通信关键技术研究[D]. 电子科技大学, 2017．  [7] 赵杰. 基于SDN的VDES卫星网络路由关键技术研究[D]. 电子科技大学, 2017．  [8] 孙庆瑞. 通信信号的单通道盲分离技术研究[D]. 西安电子科技大学, 2013  [9] 范菲菲, 马社祥, 孟鑫. 船舶自动识别系统的单通道信号分离优化研究[J]. 北京：计算机仿真, 2017(10):167-171.  [10] 胡昌海. 星载AIS混合信号盲分离技术研究[D].河南：解放军信息工程大学,2013.  [11] 许彤彤. 星载 AIS 接收信号盲分离算法研究[D]. 大连海事大学, 2019.  [12] 王娈. 基于微纳卫星的AIS接收机关键技术研究与实现[D].南京理工大学,2019. | | | | | |
| 三、研究方案（拟实现的主要技术参数或设计指标、技术路线图、技术创新点）  **1.技术路线**  为了进一步改善阵列信号处理中盲源分离算法的分离性能，提出了一种新的基于阵列结构的盲分离算法。该算法的基本思想是利用已有的盲源分离算法（EASI和FastICA算法）估计混合矩阵，根据估计出来的混合矩阵和均匀线阵的特点来重构混合矩阵，对分离矩阵进行较正，达到改善算法分离性能的目的。  我们拟基于多通道阵列接收结构，采用盲源分离理论，通过MATLAB仿真碰撞信号分离算法，与EASI算法与FastICA算法进行性能比较，得出高效可实现的碰撞分离算法，最终形成一份可靠的研究报告。  基于多通道阵列接收结构，采用盲源分离理论  MATLAB对碰撞信号分离算法进行仿真  碰撞信号分离算法的性能比较  碰撞分离算法研究报告  **2.技术创新点**  本项目提出基于多通道阵列接收结构，采用盲源分离理论，研究对VDES接收碰撞分离算法，拟针对VDES接收碰撞分离的不同算法，仿真分析不同的碰撞信号分离算法，对算法性能进行比较，得到高效可实现的碰撞分离算法，形成研究报告一份。 | | | | | |
| **四、进度安排（**本项目实施的主要时间节点、对应的阶段性任务目标**）**  （1）2022.05 ~2022.08研究星载VDES基本原理，学习数字接收机设计的相关知识，并完成开题报告 （2）2022.09~2022.11研究星载VDES接收信号碰撞模型 （3）2022.12~2023.02研究星载VDES接收信号碰撞分离算法 （4）2022.03~2022.06分析比较不同算法性能，得到高效可实现的分离算法 （5）2023.07~2023.09进行科研训练总结，并撰写总结报告 | | | | | |
| **五、成员分工（**将研究任务进行具体细化分工，责任到人，任务量饱满；可观测、可检查**）**  （1）姜大伟：协调组员工作，及时与指导老师沟通并反馈进展；负责总体方案，建立星载VDES接收信号碰撞模型，设计一种高效的碰撞信号分离算法。  （2）陈诗蓥：学习相关知识，学习星载VDES基本原理，参与模型设计，解碰撞算法。  （3）邓若钧：学习相关知识，学习星载VDES基本原理，参与模型设计，进行仿真分析。 | | | | | |
| **六、预期成果（**要可实现，将以签订《协议书》的方式确定并作为结题答辩的重要参考**）**    **预期成果形式：**  仿真分析不同的碰撞信号分离算法，对算法性能进行比较，得到高效可实现的碰撞分离算法，形成研究报告一份。 | | | | | |
| **七、经费概算（**分大类测算即可**）**  经费预算：2000元  上级拨款：2000元  学校资助：0元  导师资助：0元  耗材：1500元,备注：;小型设备：0元,备注：;资料文印：500元,备注：;市交：0元,备注：;差旅：0元,备注：;其他：0元,备注： | | | | | |