
声学所在深海垂直水声通信研究中取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/14214.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

深海垂直水声通信在海洋开发与观测中不可或缺，如载人潜水器“奋斗者”号与母船“探索一号”之间的万米实时通信、水下无人潜航器与水面端的即时通信及海底观测节点的数据回传等应用场景，但它们面临着多普勒变化快、突发噪声大、通信发射功率受限等挑战。目前，各国已有的深海垂直水声通信系统均采用基于自适应均衡器级联锁相环的经典接收结构，这种结构的主要优势是能够跟踪信道的快速变化且复杂度低，但它易受误差传播影响，且需要较高的通信信噪比。

中国科学院声学研究所海洋声学技术中心朱敏团队长期从事水声通信方面的研究，负责研制了7000米级“蛟龙”号、4500米级“深海勇士”号和万米级“奋斗者”号系列载人潜水器的水声通信系统。该研究团队的博士生李栋与研究员武岩波等人于近期提出了一种面向深海垂直水声通信的新型迭代接收机，在信道多普勒补偿、信道均衡以及纠错码设计方面取得较大进展。相关研究成果在线发表在 *The Journal of the Acoustical Society of America* 上。

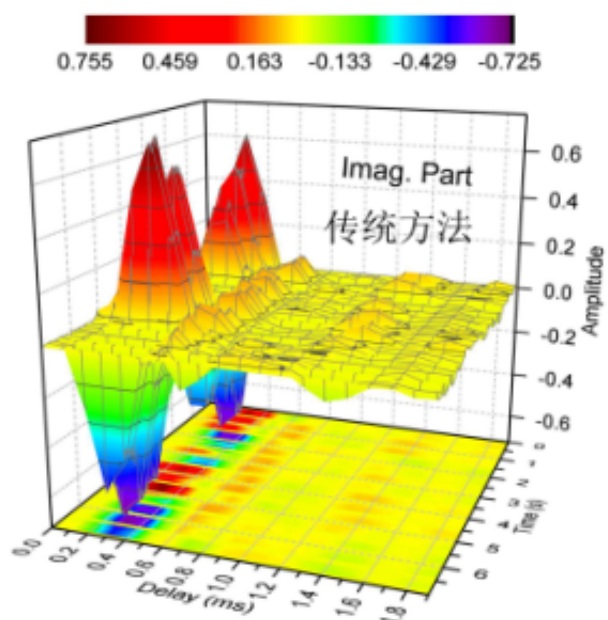
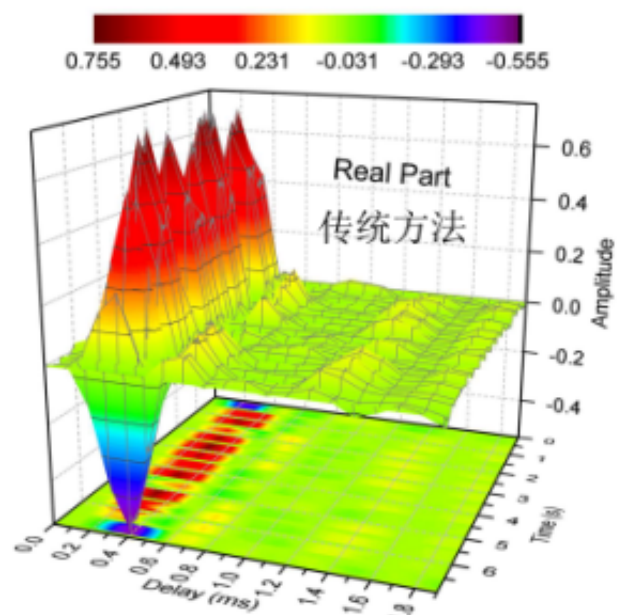
针对载体快速移动以及海面波浪上下起伏导致的非一致多普勒变化，研究人员基于用样条插值获得的连续定时估计，通过非均匀重采样实现对整个数据帧的时变多普勒补偿，并用该方法对“蛟龙”号5000米级海试数据进行处理。结果显示，所提多普勒补偿方法明显优于传统多普勒补偿方法，补偿后信道可接近时不变，进而使接收机不再需要锁相环结构。

针对信道多径干扰和残余定时偏差，研究人员提出一种基于向量近似消息传递（vector approximate message passing, VAMP）的分数间隔自迭代软均衡器（self-iterative soft equalizer, SISE）。VAMP-SISE由用于符号检测的内部软判决器和内部软均衡器、用于抑制突发噪声的去噪器和最小均方误差（minimum mean squared error, MMSE）估计器四个部分组成，各部分之间通过迭代交互符号外部信息获得自迭代增益。海试数据结果显示，其性能表现远胜于现有的线性MMSE均衡器以及自适应均衡器，同时可有效抑制突发噪声。

针对现有水声通信系统通常选用固定的纠错码方案而不能与信道特征相适应的问题，研究人员引入单位速率码（unity-rate code, URC）消除译码错误平层，设计出了可与水声信道相匹配的不规则纠错码（irregular convolutional code, IrCC），降低了译码器与均衡器进行turbo迭代所需的信噪比。

海试数据证明，相较于已有深海水声通信接收方案，所提迭代接收机在相同信噪比条件下，误帧率性能提高程度超过两个数量级；可靠通信所要求的信噪比降低1.5~2 dB，意味着通信距离可增加25%左右。

研究工作获得国家自然科学基金、国家重点研发计划、中科院战略性先导科技专项的资助。



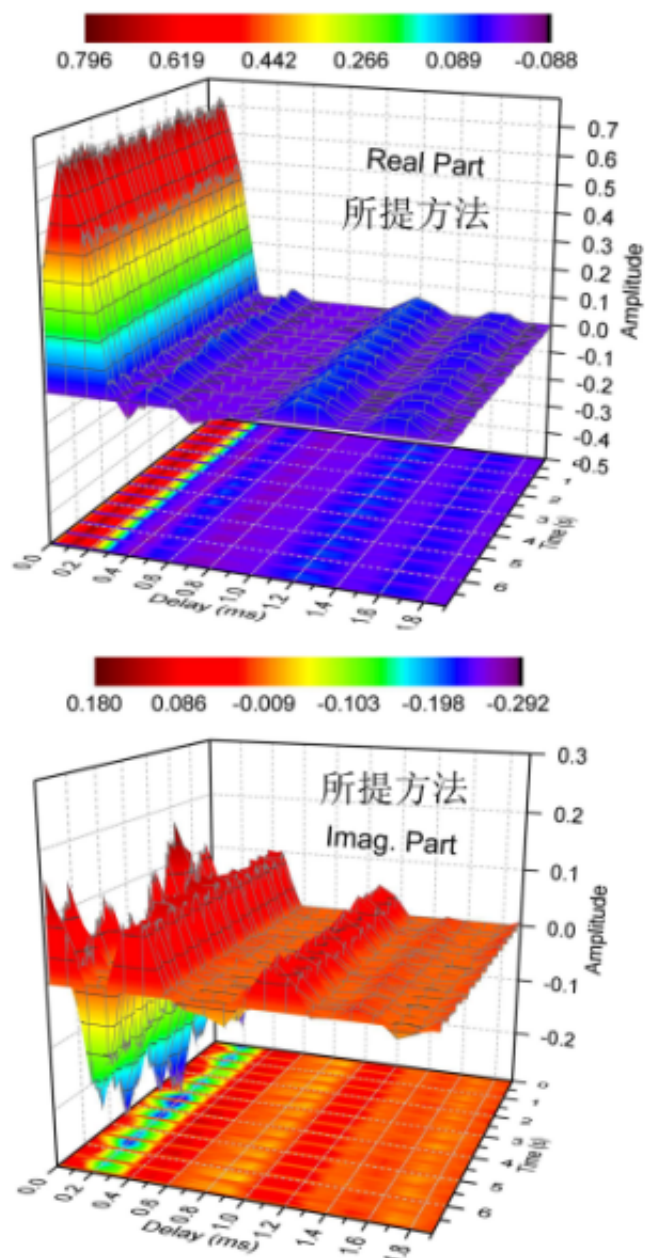


图1 经过传统多普勒补偿（左）和所提多普勒补偿（右）后的信道冲激响应实部（上）与虚部（下）变化

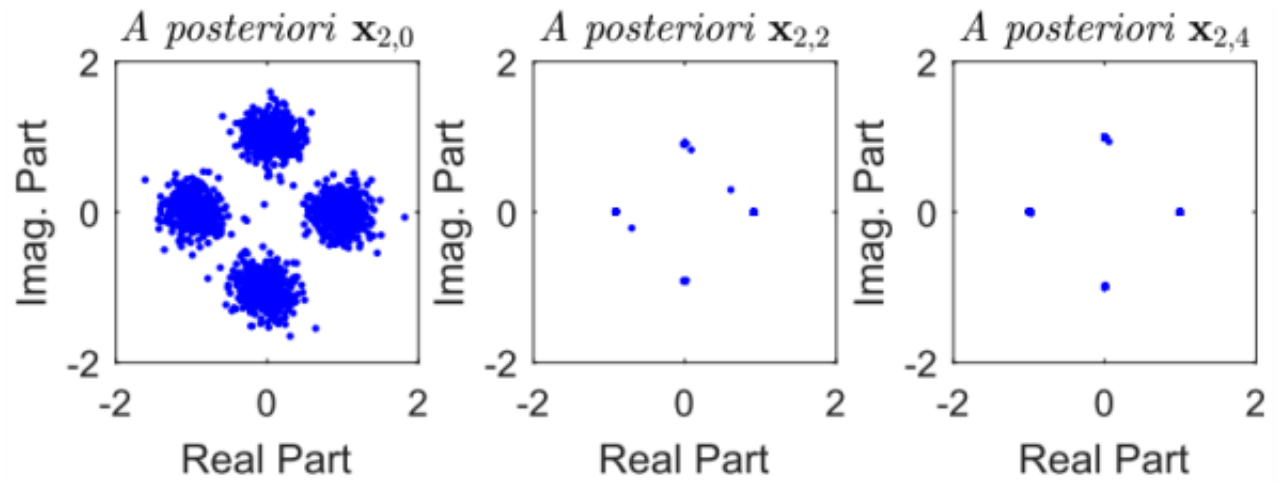


图2 均衡器输出星座随自迭代次数的变化

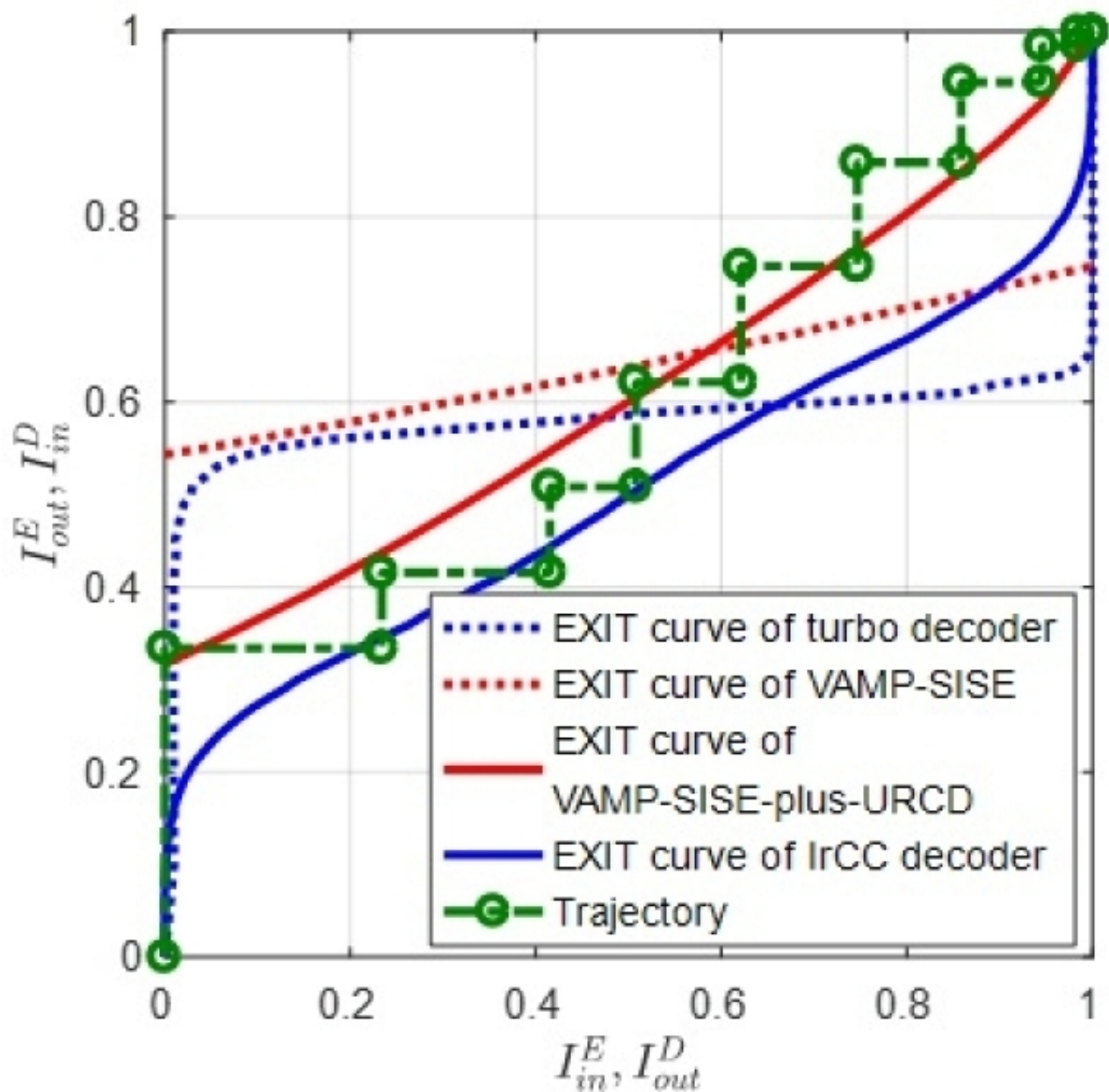


图3 不规则译码器与VAMP-SISE迭代过程示意图

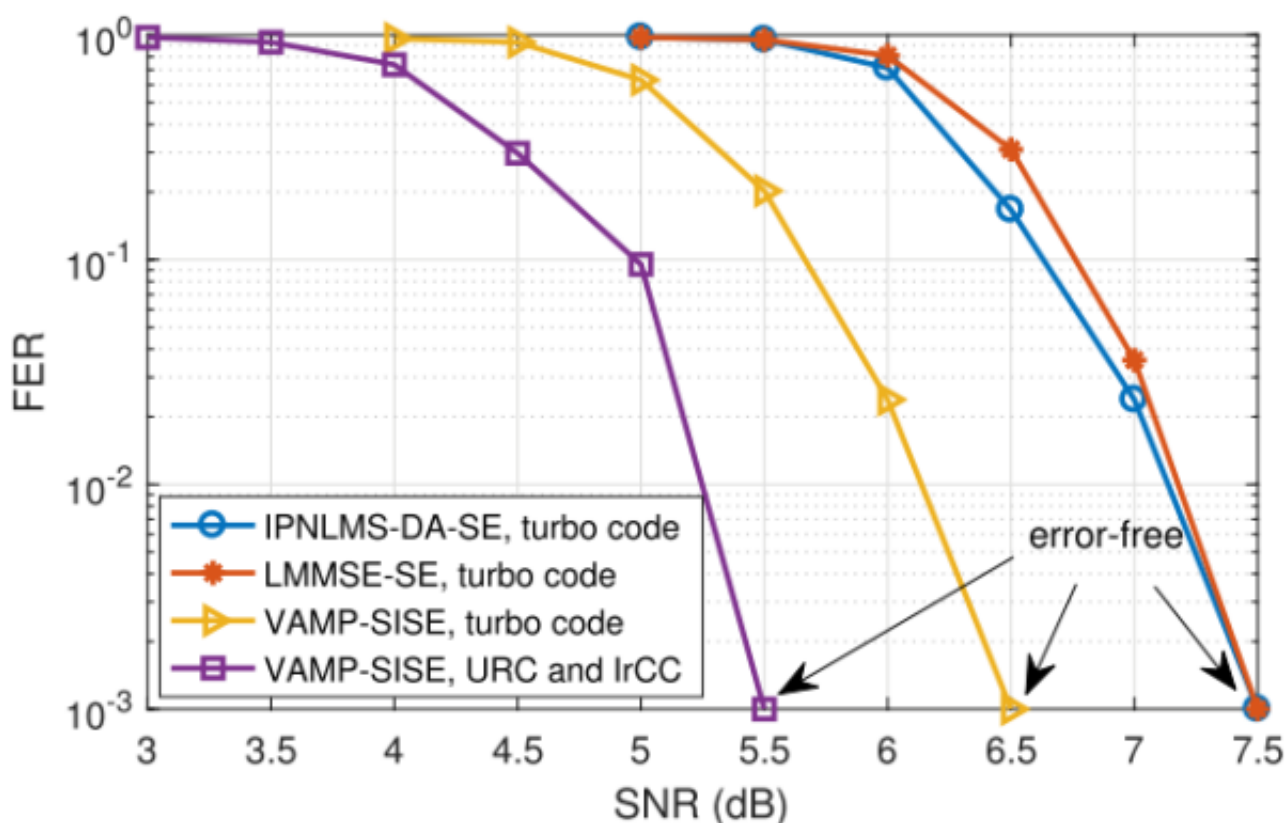


图4 基于突发噪声背景且单通道处理时，不同信噪比下误帧率性能对比

研究团队单位：声学研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发