

水声通信课程教学大纲

课程代码: 74120790

课程中文名称: 水声通信

课程英文名称: Underwater acoustic communication

学分: 1.5 周学时: 1.5-0.0

面向对象:

预修要求: 必修: 线性代数、概率与统计、信号与系统、数字通信 选修: 随机过程、数字信号处理、统计信息信号处理

一、课程介绍

(一) 中文简介

在海洋勘探需求日益增加的推动下, 水声通信面临着高速率和高可靠性的严峻挑战。课程包括但不限于 1) 数字通信的基础知识, 2) 水下声道模型, 3) 水下声学通信信道估计和均衡, 4) 几种物理层技术, 如正交频分复用 (OFDM)、时间反转、压缩传感信道估计等。

(二) 英文简介

Driven by the increasing demand on marine exploration, underwater acoustic communications are confronted with the rigorous challenge of improving the rate and reliability. The course includes but is not limited to 1) fundamentals of digital communications, 2) underwater acoustic channel model, 3) underwater acoustic communication channel estimation and equalization, and 4) a few physical layer technologies such as orthogonal frequency division multiplexing (OFDM), time reversal, compressive sensing, and etc.

二、课程目标

(一) 学习目标

海洋拥有广阔的空间和丰富的资源, 与人类生存、发展息息相关。随着人类开发海洋资源的规模日益扩大以及军事作战的实际需要, 在海洋环境中传输信息的需求大大增加。水声通信作为唯一的水下远距离无线通信方式, 在海洋科考、环境监测、油气勘探和开采以及军

事等领域都有广泛的应用。在信息化海洋数据采集、海洋资源开发、海洋环境监测等关系到我国可持续发展的重要战略领域中，水声通信都扮演着重要角色。在军事方面，为保证水下作战系统各单元之间信息互联互通的隐蔽性，水声通信是一种最为重要的水下通信方式。

陆地上基于电磁波的无线通信相比，海洋中的水下无线通信技术却相对滞后，主要原因在于水下信道的特殊性。由水中声传播受三个主要因素制约：随信号频率增大的衰减，时变的传播多径以及较慢的传播速度。水声传播的物理特性造成水声信道，特别是浅海声信道可用带宽窄，时延和多普勒扩展较大且随环境变化而变化，使得水声通信面临许多陆地无线电通信中不曾遇到的技术难点。展高速可靠的水声通信技术具有非常重要的理论意义和应用价值。同时，由于水声信道尤其浅海水声信道的复杂多变特性，其技术难度远远高于一般陆地上的无线通信。

通过本课程的学习，学生将对水声通信以及水下通信技术建立一定的认识，包括数字通信的优点，水声信道的特点与信道估计，水声信道的多普勒建模与估计，时间反转信号处理技术，判决反馈均衡，正交匹配追踪算法，以及正交频分复用通信方式等。同时，对于将来有兴趣致力于信号处理、水声通信研究的同学而言，通过本课程的学习，将显著加深其对本领域的认识，为将来的研究工作打下坚实基础。

（二）可测量结果

- 熟悉水下通信技术基本概念，完成和数字通信的衔接
- 掌握水声信道模型及其统计分布
- 掌握水声信道 LS、MMSE 估计方法
- 了解水声信道多普勒扩展特性，掌握时间反转信号处理
- 掌握单载波判决反馈均衡的方法
- 掌握正交频分复用通信
- 掌握匹配追踪算法
- 了解软件无线电及其应用

注：以上结果可以通过课堂讨论、课后作业、课程设计和期末考等环节测量。

三、课程要求

（一）授课方式与要求

研究导向型（Research Oriented）

- 课堂讲解：教师讲授基本理论及方法，兼顾课程内容的基础性、先进性，在详细介绍课程基本、核心内容的同时，介绍与时俱进发展的新内容、新技术，并结合科研项目进行实例

教学，通过分析水声通信领域实际应用案例，在巩固知识的同时，提高学生的学习兴趣；注重课内外师生的互动。

■ 课后作业：每节课布置适量作业，通过作业消化和巩固课程内容。主要以文献阅读、编写仿真程序为主，并要求以总结报告形式递交；

■ 课堂展示：每一模块内容讲授完毕，布置综合性大作业分小组完成，以“翻转课堂”的教学形式交流讨论，教师进行组织与引导，促进学生自主学习和研究性学习能力的提高。

(二) 考试评分与建议

- 考勤 5%
- 讨论参与度 5%
- 课后作业 30%
- 课程设计 (Course Project or Presentation) 20%
- 期末课堂闭卷考试 40%

四、教学安排

单元	核心内容	教学安排	学时	备注
1	水声通信概论、课程介绍、和数字通信的衔接	在海洋勘探需求日益增加的推动下，水声通信面临着高速率和高可靠性的严峻挑战。 - 水声通信系统的基本组成部分 - 水声信道及其特征 - 水声通信发展的回顾与展望	3	
2	水声信道模型及其统计分布	- 声传播模型 - 水声信道的时变性 - 简正波模型 - 射线模型 - 信道参数化建模	3	用简正波波形和射线模型建立简单的多径信道并说明信道特点
3	水声信道 LS、MMSE 估计	- LS 和 MMSE 的数学原理 - 建立水声通信系统收发模型 - 建立估计模板，并使用 LS 和 MMSE	3	仿真验证水声信道 LS、MMSE 估计

		对水声信道进行估计 • 基于平均平方误差（MSE）评价估计结果		性能
4	水声信道多普勒扩展与时间反转信号处理	• 熟悉并了解水声信道时延与多普勒双扩展的特点 • 明确时间反转信号处理的声学聚焦原理 • 建立数学关系,明确时反处理的系统模型,理解时反压缩时延扩展的原理	3	仿真验证时反处理的结果
5	单载波判决反馈均衡	• 系数最佳化 • DFE 的性能特征 • 预测判决反馈均衡器	3	RLS 判决反馈均衡仿真
6	正交频分复用通信	• 正交频分复用（OFDM）概述 • OFDM 系统的调制和解调 • OFDM 系统的 FFT 算法实现 • 多载波信号的谱特征 • 多载波调制中的比特和功率的分配 • 多载波调制中的峰均比 • 多载波调制中的信道编码的考虑	3	仿真搭建 OFDM 系统
7	匹配追踪算法	• 压缩感知 • 贪婪算法、凸优化算法 • 稀疏特性 • 水声信道稀疏算法应用	3	在稀疏的多径信道下的 MP、OMP 算法比较仿真
8	软件无线电	■ 软件无线电理论基础 1. 信号采样基本理论 2. 软件无线电中的信号采样 3. 多率信号处理 4. 软件无线电中的高效数字	3	

		滤波 5. 软件无线电中的正交信号变换 ■ 软件无线电信号处理算法 1. 调制算法:通用模型/模拟信号/数字信号 2. 解调算法:通用模型/模拟/数字 3. 同步算法: 数字锁相环/同步参数估计/载波同步/位同步/帧同步 4. 均衡算法:线性均衡/判决反馈均衡/自适应均衡		
总学时: 24				

五、参考教材及相关资料

John G.Proakis, MasoudSalehi, 数字通信（第五版）, 电子工业出版社, 2011 年

六、课程教学网站

将通过校内网络提供必要的课件和文字材料链接。