**开 题 报 告**

论文题目： 短波MIMO空时编码

学院（系）： 电子信息学院 学号：200143012900225 姓名： 杨小石

1. 论文选题的目的和意义

长期以来,短波通信的性能一直受限于窄带、时变的信道特性,导致通信可靠性差,数据传输速率不高。虽经现代技术(如自适应选频技术、高速调制解调技术等)改进,短波通信的可靠性和数据传输速率都有所提高,但是数据传输速率仍然极为有限,限制了许多业务的应用,迫切需要采用通信领域的最新技术来提高短波通信的性能。

短波多输入输出（multiple input multiple output, MIMO）通信系统，通过增加发射天线和接收天线，增加空间资源利用率，在不增加频谱资源和天线资源的情况下，可以成倍地提高数据传输速度和用户数量，MIMO是最近和未来几年短波通信主要发展的技术之一。短波MIMO相比于传统的短波SISO模式，不仅提高了数据传输速率，而且，在发射功率增量要求不高的前提下，能降低收发两端无线连接失败的概率，提升无线通信的质量。然而目前关于MIMO技术的研究主要集中于提供短距无线通信的VHF、UHF和SHF频段,虽已取得了许多理论成果,但MIMO技术在HF频段的应用研究还十分有限,并且所有频段内都还没有实用性的系统问世。

本论文研究短波MIMO的空时编码方法、构建短波MIMO通信仿真系统，为短波MIMO系统的设计提供理论支撑和可视化仿真效果。

本论文的研究成果将应用于短波MIMO的系统设计、实验规划、传播效果预测等，避免盲目性带来的人力和物力损失，节约短波MIMO研究与开发成本，缩短规划时间，促使短波MIMO的推广和应用。

1. 国内外关于该论题的研究现状和发展趋势

上世纪 90 年代，AT&TBell实验室的学者们为多天线无线通信技术奠定了开创性的工作，其中Telatar给出了在独立同分布高斯信道下MIMO容量表达式，Foshinia为MIMO提出了一种名叫D-BLAST的分层空时信号处理算法，Wolniansky提出V-BLAST分层空时信号处理方案并且建立了一个多入多出实验系统，这些都是最早的预编码方案，这些工作也为世界其他学者的研究奠定了良好的基础。

根据接收处理器的运算方式，MIMO预编码技术分为线性预编码技术和非线性预编码技术。非线性预编码技术充分地开发了信道状态信息的功能，具有优于线性预编码技术的性能，但是性能的提高是以系统复杂度为代价的。根据预编码矩阵获取位置的不同，线性预编码技术又分为基于码本的预编码技术和基于非码本的预编码技术。基于非码本的预编码性能优于基于码本的预编码方案，但是该技术要求有较高的反馈开销。

1983年，Costa MHM提出一种非线性预编码技术，即著名的Costa预编码方法，也称为脏纸编码。该技术能接近信道容量的理论值，但是由于其过高的复杂度，难以应用到实际的通信系统中。

2002年，澳大利亚学者Smith提出一种结合功率注水的奇异值分解预编码算法，该算法通过奇异值矩阵分解技术将信道分解为若干个平行的子信道，并通过注水算法对各个子信道进行功率分配。由于奇异值分解得到的各个子信道的性能差异比较大，不能对各个子信道使用相同的编码调制，导致系统调制解调技术实现困难，所以系统容量的提升是以牺牲误码率性能为代价的。

2004年，德国学者Christoph Windpassinger提出一种基于迫零准则的预编码方法，属于干扰抑制类预编码算法。该算法与奇异值分解预编码算法的区别在于将解预编码矩阵转化为在一定的约束条件下求解最优值问题，允许一定的用户干扰存在，并且对系统配置的天线数量没有限制。

2005年，美国学者Jiang Y 、Li J．提出一种改进的SVD的预编码方案，称为基于几何均值分解(GMD)的预编码方案，该方案分解出的子信道差异较小，性能趋于相似，调制技术简单，误码率性能较好，但是这些是以损失容量和增加系统复杂度为代价的。同年，提出一种改进的SVD分解的预编码方案—基于均匀信道分解(UCD)的预编码方案，该算法通过对信道进行复杂的分解，得到系统发送端的预编码矩阵、接收端的权重滤波矩阵和等效的信道矩阵，进一步提高了系统的误码性能。

1. 论文的主攻方向、主要内容、研究方法及技术路线

本论文主要研究短波MIMO的空时编码方法、构建短波MIMO通信仿真系统，为短波MIMO系统的设计提供理论支撑和可视化仿真效果。

主要内容包括MIMO空时编码理论的学习，及其相关的文献的阅读，学习相关硬件平台USRP及构建软件无线电系统的免费软件工具包GNU Radio的使用，用USRP+GNU Radio 搭建短波MIMO实验平台，然后在实验平台上实现MIMO算法并将其用在短波频段以实现短波通信质量的提升。

采用空时编码技术的多输入多输出(MIMO)系统的空时信道模型如图1所示：

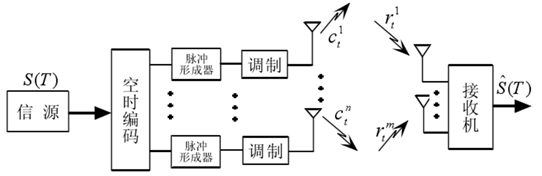


图1 空时信道模型

发射天线数和接收天线数分别为n和m，显然这是一个(n, m)的MIMO系统。对于信道我们有下面的假设:各路径之间时延差可以忽略的，即不存在码间串扰，衰减是平坦的。信号从不同的发射天线同步发射。进一步假设信号的多普勒频移远小于信号的带宽。信道参数是随时间慢变化的(即信道参数在一个数据帧内的时间内是不变的，但随着不同的数据帧而改变)。

数据的发射过程为：信源输出的信息比特送入空时编码器，空时编码器将信息比特分割成n个长度相同的子数据流，每一个子数据流作为一个脉冲形成器的输入，然后经调制后，由发射天线同时发射。在每一个时隙t，第i个调制器输出的信号，称之为空时码元(Space-Time Symbol，用第i个发射天线发射)。n个信号同时从n个不同的发射天线上发射，并且有相同的传输时间。每个接收天线上接收到的信号是噪声与n个经过衰落的发射信号的线性叠加。假设所采用的调制信号星座点已被归一化，即将调制信号星座的平均功率为1。

在第t个时隙，第j个接收天线上的接收天线接收到的信号为:

 （1）

其中是从第i个发射天线到第j个接收天线间的复的瑞利衰落系数，是第个接收天线在第时隙收到的加性高斯白噪声，其均值为0，双边方差为， 为每个信号点的发射功率，为分析简单假设。

将式(1)写成矩阵的形式为:

 （2）

又假设 ，则上式可以写为:

 （3）

其中， ， ， ，

为一个 的信道传输矩阵。同时按照上面的假设信道是准静态的，即在一帧数据内衰落系数是保持不变的，而每帧之间衰落系数是不同的。

本论文重点研究MIMO空时编码算法的实现并将其应用在短波频段使短波通信质量得以提升。算法及实验均在USRP+GNU Radio短波实验平台上实现。

1. 论文工作进度安排

第1周：MIMO空时编码理论的学习，及其相关的文献的阅读

第2-3周：学习相关硬件平台USRP做出调研报告

第4-5周：学习构建软件无线电系统的免费软件工具包GNU Radio

第6-7周：用USRP+GNU Radio 搭建短波MIMO实验平台

第8周：整理现有成果，提交中期实验报告

第9周：在短波MIMO实验平台上实现MIMO空时编码算法

第10-11周：使用短波MIMO实验平台进行短波MIMO通信实验

第12周：与不使用MIMO空时编码算法的通信进行比较得出短波MIMO通信实验结果

第13-14周：总结并完善实验过程，撰写毕业论文

第15周：准备答辩资料和PPT，申请参加公开答辩

1. 论文主要文献
2. N. Abbasi, E.M. Warrington, S.D. Gunashekar, S. Salous and S.M. Feeney, “HFMIMO capacity improvements using compact antenna arrays,” Loughborough  
   Antennas and Propagation Conference 2011, Loughborough, U.K.
3. N. Abbasi, “Antennas: The more the better,” Festival of post graduate research,  
   University of Leicester, U.K
4. S.D. Gunashekar, E.M. Warrington, S.M. Feeney, S. Salous, and N.M. Abbasi,  
   “MIMO communications within the HF band using compact antenna arrays, ” Radio  
   Sci., 45, RS 6013, doi. 10.1029/2010RS004416, 2010, pp1-16.
5. N. Abbasi, S.D. Gunashekar, E.M. Warrington, S. Salous, S. Feeney, L. Bertel, D.  
   Lemur, M. Oger, “Capacity estimation of HF-MIMO systems”, Ionospheric Radio  
   Systems and Techniques, IRST 2009 pp 1-5.
6. S.D Gunashekar, E. M. Warrington, S. Salous, S. Feeney, N.M. Abbasi, L. Bertel, D.Lemur, M. Oger, “Investigations into the feasibility of multiple input multiple outputtechniques within the HF band: preliminary results,” Radio Science., vol. 44, RS0A19,2009.
7. S.D Gunashekar, E.M. Warrington, H, Strangeways, Y. Erhel, S. Salous, S.M.  
   Feeney, N. M. Abbasi, L. Bertel, D. Lemur, F. Marie, & M. Oger, “Utilization of  
   antenna arrays in HF systems,” Annals of Geophysics 52 (3/4)(3/4): 323-338, 2009
8. S.M. Feeney, S. Salous, E.M. Warrington, S.D Gunashekar, N. Abbasi, L. Bertel, D.Lemur & M. Oger, “Compact antenna arrays for HF MIMO applications,” Ionospheric Radio Systems and Techniques, IRST 2009, pp 1-5.
9. S.D. Gunashekar, E.M. Warrington, S. Salous, S. Feeney, N. Abbasi, D. Lemur, and M. Oger, “ The use of heterogeneous antenna arrays in experimental HF-MIMO  
   links,” EUCAP 2009, pp 1-5.
10. S.D. Gunashekar, E.M. Warrington, N.M. Abbasi, S. Salous, S.M. Feeney, L. Bertel, D. Lemur and M. Oger, “HF MIMO communications using compact antenna arrays,” UK URSI Festival of Radio Science, University of Birmingham, Birmingham, UK, December 2009.
11. S.M. Feeney, S. Salous, E.M. Warrington, S.D. Gunashekar, N.M. Abbasi, L. Bertel, D. Lemur and M. Oger, “Compact receive antenna arrays for HF MIMO applications,” UK URSI Festival of Radio Science, University of Birmingham, Birmingham, UK, December 2009.
12. N.M. Abbasi, E.M. Warrington and S.D. Gunashekar, “Antennas Galore: Overcoming Bandwidth Limitations in High Frequency Radio Links,” Festival of Postgraduate Research, University of Leicester, United Kingdom, June 2008.
13. S. Salous, E.M. Warrington, S.D. Gunashekar, S.M. Feeney, H. Zhang, N. Abbasi, L. Bertel, D. Lemur, M. Oger, “MIMO channel measurements in the HF band,” URSI General Assembly, Chicago, 2008.

指导教师(签名)：

年 月 日