

文章编号: 2096-1472(2016)-05-04-03

基于STBC的MIMO-OFDM系统误码性能仿真分析

王涛¹, 陈善继¹, 胡文芳²

(1.青海民族大学物理与电子信息工程学院, 青海 西宁 810007;

2.西宁市第二十八中学, 青海 西宁 810007)

摘要: 基于STBC方案, 针对MIMO-OFDM系统中小区间干扰问题, 研究分析了STBC-MIMO-OFDM系统模型的抑制干扰性能。在假定信道产生的衰落是准静态, 并且信道衰落参数对于接收端是已知的条件下, 采用不同调制方式和不同数目的收发天线, 仿真对比分析了该系统模型接收端采用最大似然检测法时的系统误码性能。仿真对比表明: 综合考虑对传输速率和误码性能的要求, 调制方式适宜采用QPSK; 在抑制干扰性能上, 当信噪比较大时, 采用3发2收的STBC-MIMO-OFDM系统优于采用2发2收的STBC-MIMO-OFDM系统。

关键词: 空时分组编码; 多输入多输出; 正交频分复用; 最大似然检测

中图分类号: TP311 **文献标识码:** A

Simulation and Analysis on Performance with STBC for MIMO-OFDM System

WANG Tao¹, CHEN Shanji¹, HU Wenfang²

(1. Qinghai Nationalities University, School of Physics and Electronic Information Engineering, Xining 810007, China;

2. The Xining 28th Middle School, Xining 810007, China)

Abstract: Based on the STBC scheme, the paper analyzes anti-interference performance of the STBC-MIMO-OFDM system model, aiming to solve the inter-cell interference (ICI) in MIMO-OFDM communication systems. In condition that the fading channel is quasi-static and the fading channel parameters are known to the receiving end, by using different modulation schemes and different amounts of transmitting and receiving antennas, the paper comparatively analyzes the system BER (Bit Error Rate) performances when the receiving end of the system model adopting the ML (Maximum Likelihood) method. The simulation results show that: with full consideration of the transmission rate and BER performance, QPSK modulation method is most suitable. Under the condition of high SNR (Signal Noise Ratio), the STBC-MIMO-OFDM system with 3 transmitting antennas and 2 receiving antennas is better than that with 2 transmitting antennas and 2 receiving antennas in terms of anti-interference performance.

Keywords: STBC; MIMO; OFDM; MLD

1 引言(Introduction)

基于正交频分复用(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)的多输入多输出(Multiple-Input Multiple-Output, MIMO)被视为无线通信系统最重要的一种传输技术^[1]。在当前热点研究的可见光通信技术中, 文献[2]通过仿真表明MIMO室内可见光通信系统能支持更高的数据速率。但是, S. Catreux等发现, 如果将多天线收发技术应用到一个存在同频干扰的多小区中, 将大大限制系统的频谱效率, 使系统变为一个严重的干扰受限系统。这一结论引发对多小区MIMO系统中小区间干扰(Inter-

Cell Interference, ICI)问题的研究。文献[3]提出基于接收端的ICI抑制技术有最大似然检测(Maximum Likelihood Detection, MLD)、线性空时检测接收机、非线性干扰对消接收机、非线性迭代接收机等。

将空时编码(Space-Time Block Coding, STBC)技术和OFDM技术结合在一起, 能够在接收端采取简单的最大似然译码准则^[4-6], 信道的频带利用率随着发射端口配置的天线数目的增加线性增加^[7]。本文基于STBC的MIMO-OFDM系统模型, 在不同调制方式和不同收发天线条件下, 对比仿真分析了该系统接收端采用最大似然检测法时的系统误码性能。

2 STBC-MIMO-OFDM系统模型(STBC-MIMO-OFDM system model)

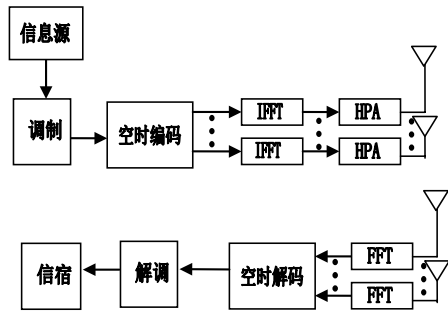


图1 (T,R)STBC-MIMO-OFDM系统框图

Fig.1 (T,R)STBC-MIMO-OFDM system block diagram

Alamouti于1998年提出了使用两个天线发射信号的空时分组编码理论^[8]。STBC-MIMO-OFDM系统将STBC编码技术用于频率选择性信道，获得最优分集增益，既可以提高系统的数据速率和信道容量，又可以有效地对抗频率选择性衰落，系统的总体性能得到进一步提高^[9]。

有 T 副发射天线、 R 副接收天线的STBC-MIMO-OFDM系统框图如图1所示^[10]。信道具有MIMO频率选择性衰落，假定信号经过该信道产生的衰落是准静态的，即在不同发射天线与接收天线之间的衰落互不相关，同时这种衰落在OFDM的一帧内保持不变。当该系统具有 N 个相互重叠的子信道时， TN 个码符号将同时在一个OFDM码字持续时间内发送，每个码符号对应应在某一发射天线的某一OFDM子载波上。

假设空时编码器对输入的信息比特序列在时刻 t 进行编码后的输出码字为

$$c^t = c_{10}^t, c_{20}^t, \dots, c_{T0}^t, c_{11}^t, c_{21}^t, \dots, c_{T1}^t, \dots, c_{1(N-1)}^t, c_{2(N-1)}^t, \dots, c_{T(N-1)}^t \quad (1)$$

式(1)中 c_{ik}^t 表示第 i 副发射天线的第 k 个子载波上时刻 t 的传输数据。

再分别对式(2)所示信号点序列进行OFDM调制，分别映射到第 i 副发射天线上，最后在时刻 t 由 T 副发射天线将这些调制信号同时发射出去。

$$c_{i0}^t, c_{i1}^t, \dots, c_{i(N-1)}^t, \quad i = 1, 2, \dots, T \quad (2)$$

为消除码间干扰，在发送端，OFDM系统还要引入循环前缀，循环前缀长度大于信道最大时延扩展。若系统收发两端完全同步，则第 j ($j = 1, 2, \dots, R$)个接收天线上的接收信号经符号速率采样、去循环前缀、FFT、解调后可写为下式：

$$S_{jk}^t = \sum_{i=1}^T H_{ijk}^t c_{ik}^t + n_{jk}^t \quad (k = 0, 1, \dots, N-1) \quad (3)$$

式(3)中 H_{ijk}^t 表示收发天线之间的信道在第 k 个子载波处的

t 时刻频率响应， n_{jk}^t 表示接收端噪声和干扰的复高斯随机变量^[11]。

$$\sum_{j=1}^R \sum_{k=0}^{N-1} \left| S_{jk}^t - \sum_{i=1}^T H_{ijk}^t Q_{ik} \right|^2 \quad (4)$$

对式(3)，接收端译码器运用最大似然检测算法，在已知信道状态信息情况下寻找使式(4)度量值最小的码字。

最后可得译码器输出如式(5)所示。

$$Q = Q_{10}, Q_{20}, \dots, Q_{N0}, Q_{11}, Q_{21}, \dots, Q_{T1}, \dots, Q_{1(N-1)}, Q_{2(N-1)}, \dots, Q_{T(N-1)} \quad (5)$$

系统中，空时分组码是先通过编码器将每组信号映射成并行序列，每个并行序列的长度为 d ，然后在 d 个周期内同时从 T 个天线上发射出去。接收端通过最大似然检测法抑制干扰，使系统得到充分的分集增益。

3 仿真和性能分析(Simulation and performance analysis)

虽然，MIMO系统的信道容量随着天线数目的增多而增大，但是在实际应用中，综合考虑天线之间距离要求和实际情况，收发天线数目不能取得太多，一般选择接收天线的数目不超过2根。发送端天线数越多，即发送分集越大，系统的误码率则越小，但当发送天线数为3和4时，系统的性能相差不大。因此，本文中要对比分析的STBC-MIMO-OFDM系统的天线数目分别取2发2收和3发2收。

3.1 不同调制方式下2发2收STBC-MIMO-OFDM系统的误码性能仿真研究

仿真参数取值如下：子载波数目取100；傅里叶变换抽样点数目取512；循环前缀长度取10；调制方式分别采用BPSK、QPSK、8PSK；发射天线数为2，接收天线数为2；信道为4多径，添加高斯白噪声。在仿真过程中，假定信道产生的衰落是准静态，即任意收发天线间的信道衰落都是相互独立的，并且信道衰落参数对于接收端是已知的。

(1)每个接收天线的系统性能仿真

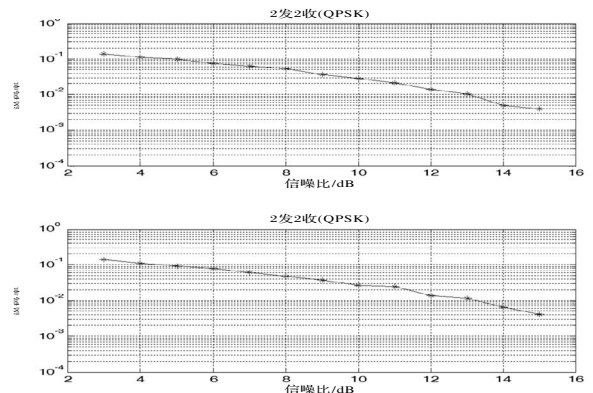


图2 两个接收天线的BER仿真曲线

Fig.2 Two receive antennas BER simulation curve

仿真结果如图2所示，上下两图分别是采用QPSK调制方式时两个接收天线的误码率仿真曲线，可以看到，这两个接收天线上的误码率相差不大。

为对比分析方便，后面仿真图中只取一个接收天线上的BER仿真曲线。

(2)在不同调制方式下的系统性能仿真

图3中对BPSK、QPSK、8PSK三种调制方式下的2发2收STBC-MIMO-OFDM系统BER性能进行了仿真对比。如图3所示，当信噪比达到14dB时，BPSK系统的BER在 10^{-3} 以下；QPSK系统的信噪比大于16dB时，BER在 10^{-3} 以下；而8PSK系统的信噪比为18dB时，BER还不到 10^{-2} 。

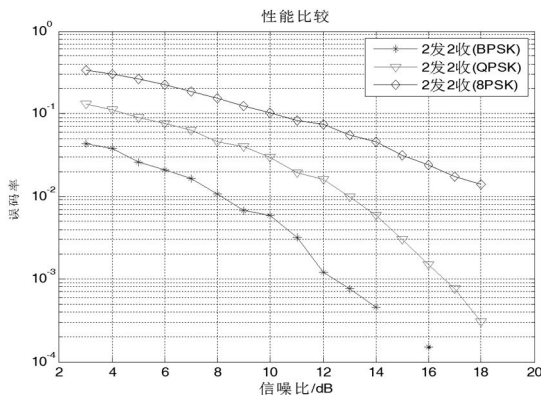


图3 2发2收系统BER性能

Fig.3 BER performance of two transmit antennas and two receive antenna system

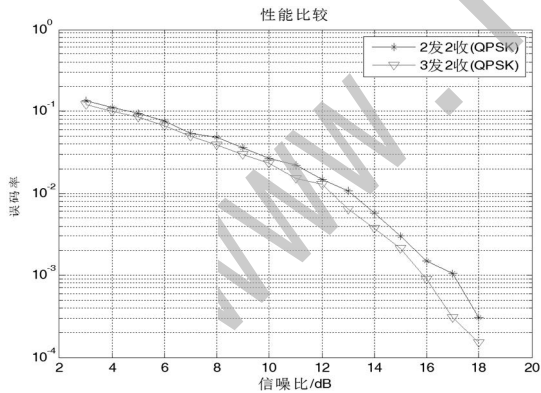


图4 两种STBC-MIMO-OFDM系统(QPSK)性能比较

Fig.4 Two kinds STBC-MIMO-OFDM system (QPSK) performance comparison

2发2收STBC-MIMO-OFDM系统中，采用BPSK调制方式时BER性能最好，采用8PSK调制方式时BER性能最差，采用QPSK调制方式时系统的BER性能介于上面二者之间；当然，从另一个角度比较，采用8PSK的系统数据传输速率最快，采用QPSK次之，采用BPSK最慢。

3.2 3发2收系统与2发2收系统在抑制干扰性能上的比较

仿真参数取值如下：子载波数目取100；傅里叶变换抽样点数目取512；循环前缀长度取10；信道为4多径，添加高斯白噪声，根据图3仿真结果，综合考虑对传输速率和误码性能的要求，调制方式采用QPSK。在仿真过程中，假定信道产生的衰落是准静态，并且信道衰落参数对于接收端是已知的。

仿真结果如图4所示，2发2收(QPSK)系统在信噪比约为17dB时，BER达到 10^{-3} ；而3发2收(QPSK)系统在信噪比为16dB时，BER达到 10^{-3} ，相比减少1dB。仿真结果显示，理想衰落信道下3发2收STBC-MIMO-OFDM系统的误码性能优于2发2收STBC-MIMO-OFDM系统的误码性能。

4 结论(Conclusion)

论文在三种不同的调制方式下和不同的收发天线数目下，对STBC-MIMO-OFDM系统的性能进行了研究分析，通过仿真比较，得出结论：接收端采用最大似然检测法时，对于BPSK、QPSK、8PSK三种调制方式，系统采用BPSK调制时误码性能最好，采用QPSK调制时次之，采用8PSK调制时误码性能最差；当信噪比较大时，采用3发2收的STBC-MIMO-OFDM系统在抗干扰性能上优于采用2发2收的STBC-MIMO-OFDM系统，有1dB的改善。

参考文献(References)

- [1] 赵海军,等.基于STBC的MIMO OFDM系统中的I/Q不平衡及CFO的联合均衡策略[J].通信学报,2013,34(11):51-58.
- [2] 王涛,胡文芳,李梅菊.MIMO室内可见光通信系统仿真研究[J].现代电子技术,2013,36(07):16-18.
- [3] 刘乃金.多小区MIMO系统中干扰抑制技术的研究[D].中国科学技术大学,2007.
- [4] 蒋涉权,王晶,彭超.MIMO系统中空时编码性能仿真和分析[J].电信科学,2015(02):35-41.
- [5] Cho Y S,et al.孙镨,黄威,译.MIMO-OFDM无线通信技术及MATLAB实现[M].北京:电子工业出版社,2013.
- [6] Yoo J,Choe S.MIMO-OFDM based indoor power line communication using spatial diversity coding and MRC schemes[C].Proceedings of the 18th Asia-Pacific Conference on Communications,Jeju Island,Korea,2012:635-640.
- [7] 李秋果,等.基于STBC的通信技术的性能优化[J].通信技术,2012,45(10):24-26.
- [8] 胡紫巍.MIMO和协作中继系统中的空时编码技术研究[D].北京邮电大学,2013.