

空时分组码MIMO系统的建模与分析

陆文宣

(青岛大学 山东省 266000)

摘要：近几年，通信产业中进步最快的技术必定是无线通信，面对有限的无线频谱资源，多输入多输出（MIMO）技术可以使信道容量有很大的增加，而且通信质量也得到了很大的增强，并且是在不增加天线发射功率和带宽的条件下，因此成为了移动通信的最热门技术。空时编码作为适合于多天线系统的编码技术与 MIMO 技术相结合，能够实现空间维度资源的高效应用，必将推进无线移动通信向着高质量和高效率的目标发展。

关键词：MIMO；空时编码；空时分组码

1 课题研究背景和意义

1.1 Alamouti 空时分组码

Alamouti 空时分组码是一个速率-1 代码。传输两个符号需要两个时隙，是一个非常特殊的 STBC。它是唯一达到率-1 的正交 STBC。也就是说，它是唯一能够在不需要牺牲数据速率的情况下实现其全部分集增益的 STBC。严格地说，这仅适用于复杂的调制符号。由于几乎所有的星座图都依赖于复数，因此该属性通常使 Alamouti 的代码比高阶 STBC 具有显著的优势，即使它们实现了更好的错误率性能。

1.2 OSTBC 空时分组码

arokh 等人发现了一组特别简单的 STBC，并创造了该计划的名。他们还证明，超过 2 个发射天线的代码无法实现全速率。他们的代码后来得到了改进（原作者和其他许多作者）。然而，它们作为速率无法达到 1 的明确例子，以及生产“好”STBC 必须解决的其他问题。他们还展示了简单的线性解码方案，该方案在完全的信道状态信息假设下与其代码一致。它在所有时隙中具有来自所有天线的相等功率。

2 Alamouti 空时分组码 MIMO 系统

2.1 系统模型

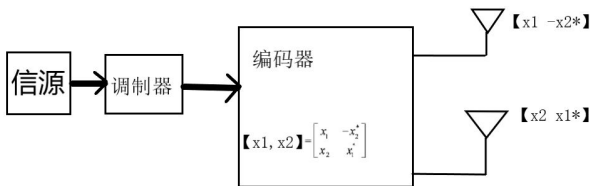


图 1 Alamouti 空时分组码系统模型

实质是空间和时间的二维信号处理的结合,在空间上,多个天线上发射的是同一个数据流,在时间上,将信号的发射与不同时隙相对应,从而不同的时域和空域有机的结合在了一起,以此从而达到抗衰落的效果。

2.2 系统性能仿真及分析

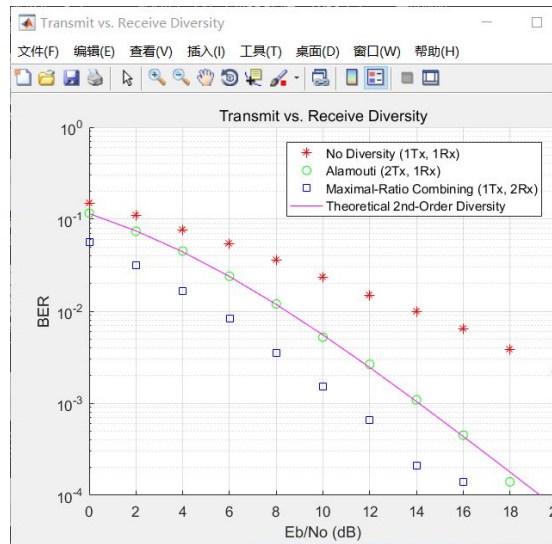
2.2.1 不同分集方式的比较

- 仿真条件：两个发射天线，一个接收天线，MRC；
- 一个发射天线，一个接收天线，无分集；
- 一个发射天线，两个接收天线，Alamouti

信道模型：瑞利模型；

调制类型：BPSK；

采用 Alamouti 空时编码译码和 OSTBC 编码译码仿真结果如下：



图二 分集方式仿真结果

(1) 2 × 1 的 Alamouti 空时码仿真

通过仿真，对慢瑞利衰落信道 Alamouti 空时码的发射分集方案性能进行了评估。给定一个条件，每一发射天线的衰落都是与彼此互不干扰的，为了仿真 Alamouti 方案相对于每个接收天线信噪比 (SNR) 的 BER 性能，使用了相干 BPSK 来进行调制，其发接受天线数目和接收天线数目分别为为一和二；对每个符号码元周期来说，各发射天线的信号平均功率为 1；收发天线间的信道为独立平坦瑞利衰落信道，信道系数的实部和虚部均服从均值为 0、方差为 0.5 的高斯分布，并且，信道系数保持不变的时间范围是一个数据分组的发送时间；噪声分量采用均值为 0、方差为 2/SNR 的复高斯随机变量。

(2) 1 × 2 的 MRC 接收分集仿真与 2 × 1 Alamouti 类似

(3) 分析总结

1.接收天线为两条的误码率通常不如接收天线为一条的大，前提条件是天线增益不能不同，也就是说，要想让信号质量足够优质，天线数量就必须足够多；接收天线的信噪比越小，接收信号的误码率就越高，也就是说，天线信噪比和信号的接收质量成正比。

2.接收分集的误码率通常不如发射分集的高。

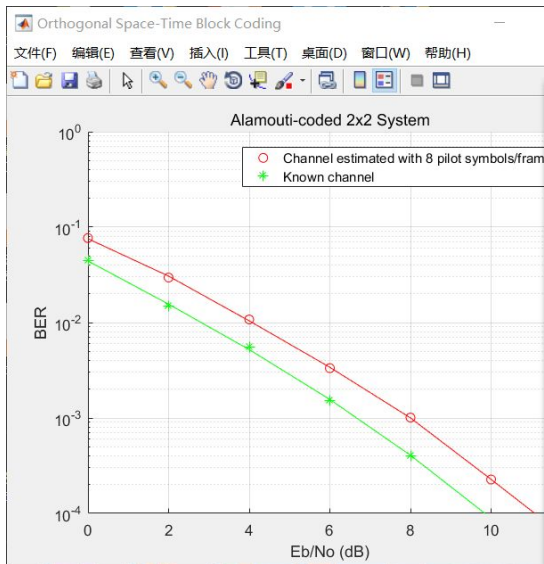
3 接收信号的误码率和即信噪比 SNR 成反比。也就是说，天线增益越大和信号的接收质量成正比。

2.2.2 信道估计

仿真条件：瑞利平坦分布

采用两发两收的分集技术

调制类型：BPSK；采用 Alamouti 空时编码译码仿真结果如下：



图三 信道估计仿真结果

通过仿真结果可以看出,信道估计误差影响不大,信道估计误差会使该算法的比特信噪比以及系统误码率同时发生变化,当保持误码率不变时,所需的比特信噪比随信道误差的增大而增加。所以如何找到一个发射功率分配算法,使其对信道估计误差具有更好的鲁棒性这是以后要重点研究解决的问题。信噪比与误码率不仅是时频偏移的函数,而且也与多路复接用户的比特分配算法紧密相关。接收端获取准确的信道状态信息是 MIMO 系统达到理论信道容量的前提。但是,信道估计时通常会引入估计误差,导致系统信道容量的下降。鉴于此,研究了相关衰落环境中信道估计误差对系统信道容量的影响。在探讨了信道估计误差特点的基础上,重新构建了 MIMO 信道的统计模型,进而推导了当 MIMO 信道矩阵满秩时,仅接收端已知信道 CSI 情况下系统信道容量的下限。

3. OSTBC 空时分组码 MIMO 系统

3.1 系统模型

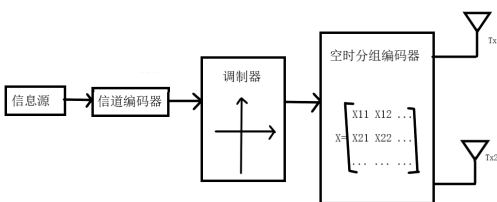
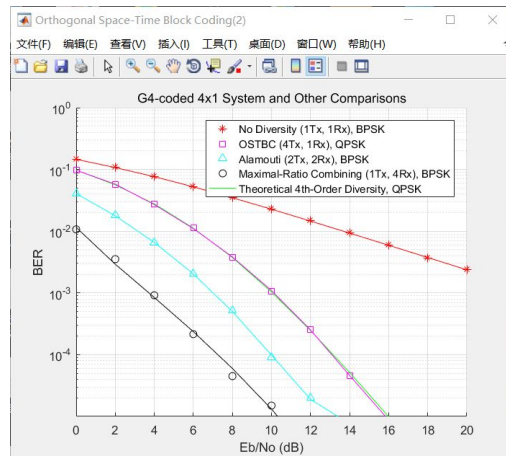


图 4 OSTBC 空时分组码系统模型

空时分组码是在 Alamouti 的基础上产生的 MIMO 系统的关键技术,空时编码技术是提高系统频谱利用率和系统可靠性的有效方法之一。OSTBC 已经被 3GPP 收用,原因是它是一种非常容易实现而且效率非常高的发射分集方案,其容易实现的编译码路径和相当高的分集增益,让其迅速变成了在研发和实践领域中最为常见的空时编码方式。

3.2 系统性能仿真及分析

仿真条件: 1 发 4 收; 信道模型: 平坦瑞利信道; 调制类型: QPSK 编译码方法: 空时编码
结果如下:



图五 不同方式仿真对比

不同的分集技术和不同的调制技术都会影响误码率的大小,从图中可以看到,1 发 4 收、2 发 2 收和 4 发 1 收系统的误码率曲线斜率相近,且误码率都随着信噪比的增大而降低,但曲线发生了偏移。原因是仿真过程中对发射天线总功率进行了归一化,即总功率相同,三种系统发射天线数不同,所以分配到每个发射天线上的发射功率不同,发射天线数越多,分配到每个发射天线上的功率就越小。从图中可以看出,调制方式为 BPSK 时,在信噪比相同的情况下,1 发 4 收 OSTBC 的接受分集误码率最大,其次是 2 发 2 收 Alamouti,4 发 1 收 MRC 时误码率最小。因此可以得出结论:接受分集的误码率要小于发射分集,并且采用 QPSK 的编码,其结果和输入数据相差很小。

4. 总结与展望

MIMO 技术大大增加了通信系统的存储数量和频谱的实用性,使天线与天线之间的信号互不影响,增加了信号的链路质量,使数据的吞吐量也大大提升,并且是在没有增加带宽的前提下,所以对通信技术的进步有着非常重要的作用,尤其是 5G 技术,与此同时, MIMO 已经成为了无线通信不可缺少的功能板块之一。在蜂窝移动通信方面, MIMO 技术包含的功能已经加入到了 3GPP 的有关实施准则中,为了达到达到更高的使用效率 MIMO 还可以和 OFDM 进行互补,这也是未来移动通信技术的一大发展方向。在其他研究中,超宽带 UWB 系统,感知无线电系统(CR),都在考虑将 MIMO 技术的内容与之进行植入与对接以达到更好的效果。MIMO 正在完成理论研究到理论和实际应用结合的蜕变。未来,人们对于无线通信的带宽和 QoS 需求一定会不断增大, MIMO 技术一定会迎来越来越好的发展机遇和空间。

参考文献

- [1]黄宗治,郑建宏.多用户 MIMO 技术及其在 LTE 系统中的应用[J].现代电信科技,2009(2):52-5
- [2]吕钱,李佳珉,朱鹏程.波束成型训练机制下分布式大规模 MIMO 系统的频谱有效性分析[J].东南大学学报:自然科学版,2018,48(3):406-410.
- [3]Larsson E G, Edfors O, Tufvesson F, et al. Massive MIMO for next generation wireless systems[J]. IEEE2014,52(2):186-195
- [4]宋雅楠,刘萍.基于机器学习优化策略的漏洞检测技术研究[J].信息技术,2018,42(2):37-42,47