**MIMO中的关键技术**

MIMO通信系统中所应用的技术可以分发送端技术与接收端技术。发送端技术主要包括空间分集（Spatial Multiplexing）技术、空间复用（Spatial Diversity）技术、波束赋形（Beam Forming）技术以及对于信道状态(CSI， Channel State Information)的处理技术。接收端的技术则主要集中在信道估计与信号检测上。

1. **发送端技术**

一方面，如果不同发送-接收天线对所对应的信道衰落互相独立，并且信道矩阵(以较高的概率)是良态的，那么系统中就存在着多个并行空间数据信道。在这些并行数据信道中传输不同的信息，那么系统所支持的传输速率将能显著增加，由此诞生了空间复用的概念。另一方面，利用多天线也可以增加分集从而对抗信道衰落。任一发送-接收天线对提供了发送端到接收端的一条信号传播路径。如果使用多条这样的传播路径来传输相同的信息，那么接收端就能收到发送信号的多个拷贝，从而提高了信号接收的可靠性，这是空间分集的基本思路。空间复用和空间分集是两种利用多天线的思路，前者的目的是传输尽可能多的数据，而后者用于提高可靠性[1]。

1. 空间分集技术

分集是无线系统中对抗衰落的强有力技术。利用时间/频率分集一方面能有效减弱衰落的影响，另一方面也会给系统性能带来损失一对于时间分集而言损失了传输时间资源，对频率分集来说会损失带宽资源。而空间分集则是另一种对上述两种常见分集技术的替代方法，它不牺牲时间或带宽，却又能提供增益或者增加平均接收信噪比。在MIMO系统中，发送端己知CSI的情况下，系统能够获得的分集度。在发送端己知CSI时，系统获得的分集度相同，但是阵列增益会相比未知CSI时增加。

1. 空间复用技术

复用是指在传输路径中综合多路信道的技术。比如在频域上的复用正交频分复用（OFDM）技术中，我们将频段划分为子载波，每路子载波上承载不同的信息，从而完成复用。时分复用(TDM)则是将时间划分为一段段很小的时隙，在不同时隙上传送不同信息源的信息。空间复用则是使用多天线利用空间传播中的多径进行复用，从而有效增加信道容量。

1. 波束赋形技术

MIMO中的波束赋形技术，广义上可以认为是所有在发送端进行的处理，其可以产生较好的定向波束，提高信号增益以及减弱多径衰落的影响。在MIMO环境下，由于接收端存在多根天线，因此所有接收端天线上所接收到经过波束赋形的信号不会同时达到最大化。这样我们就需要对发送端做预编码处理，因此也需要指导CSI。

1. 信道状态处理技术

无论分集还是复用，都与发送端是否了解CSI的情况密切相关，因此我们需要一种机制使发送端获取CSI。常用的两种机制为：利用信道的互易性原理得到CSI：接收端对CSI进行回馈。两种机制各有利弊。可以利用信道取得CSI的环境非常有限，我们仅能在纯粹的时分双工下利用互易性获取CSI。接收端反馈CSI机制则存在延迟，而无线信道具有时变性，因此反馈的CSI的精确度需要进行探讨：同时接收端反馈CSI也会增大链路的开销[2]。

1. **接收端技术**

在MIMO系统中，由于多天线的引入，接收端将面临许多新的技术挑战，比如，信道估计的问题模型发生了变化，同时MIMO检测的技术也成为系统不可或缺的组成部分。

1. 信道估计

信道估计是在接收到的信息中将信道模型的相关参数估计出来的过程，目前己经存在非常多成熟的信道估计技术。通过训练序列实现信道估计是一种非常成熟的技术，但同时也会占用信道带宽，造成资源的浪费。为了尽量减少系统中有效吞吐量的损失，插值技术也经常被信道估计使用，它能以较少的训练信号开销获得较高的估计分辨率。其主要思路是在有训练符号的时间和频率的离散点上进行估计，并在其它点所在的信道上通过插值算法恢复出冲激响应值。为了能获得较好的信道估计性能，训练信号通常是精心构造的、具备良好相关特性的序列。[3]除此之外还存在不需要专门训练序列辅助的盲估计技术，盲估计可以通过接收到的数据信息来进行信道估计，开销较小，但精确度较差。利用循环平稳性、有限字母表等技术可以进行空时信道的盲估计。

1. 信号检测

信号检测是指接收端对所接收到的信号进行提取的过程。MIMO系统的信号检测技术要参考此时发送端进行的空时编码，即每种信号检测技术往往仅适用于特定的空时编码技术。本论文主要探讨在V-BlAST空时编码环境中的信号检测技术，此时的发送信号在空间和时间上不具有相关性。

[1]R. Heath and A. Paulraj, Switching between diversity and multiplexing in MIMO systems, IEEE Transactions on Communications, vol. 53, no. 6, Jun. 2000, pp. 962-968

[2]A. Paulraj, Introduction to Space Time Wireless Communication, Cambridge University Press, 2003.

[3]Y. Wen, W. Huang, and Z. Zhang, CAZAC sequence and its application in LTE random access, Proc. ITW‘06, Chengdu, China, 22-26 Oct. 2006, pp. 544-547.