## 5GNR中的预编码技术

5GNR中采用MIMO技术增加系统容量，提升吞吐率。从理论上来看，通过增加天线空间来消除信道间的影响，多天线的空间复用能成倍增加系统容量。实际上，因为天线近处的杂散环境使实现难度增加。同时信道矩阵中，信道的相关性使得干扰增大，影响信道容量不是随着天线数成倍增加。例如，2\*2MIMO的容量与SISO容量相比

为了消除MIMO信道间的影响，可以在接收机侧实现，也可以通过改变发射机的发射方式，对发射信号进行预处理，将多个MIMO交叉通道转换成多个平行一对一的通道，辅助接收机消除信道间的影响，这种发射方式的改变就是通过预编码（Precoding）实现的。

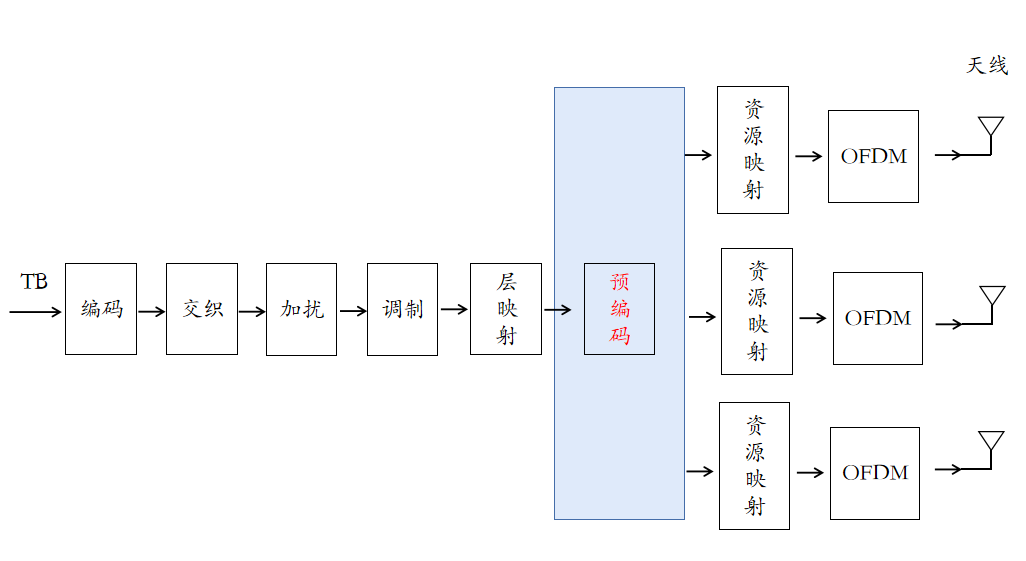


图 1 5GNR物理层发送端处理

5GNR物理层使用预编码的数据处理流程简化为如图 1所示。其中预编码是将层数据映射到不同的天线端口，不同的子载波上，不同的时隙上，以便实现分集或复用的目的，该过程也是空时编码与确定天线端口的过程。

基于MIMO系统建立数学模型，在发射端和接收端分别设置多个天线。其中为发射的天线数，是接收端的天线数。

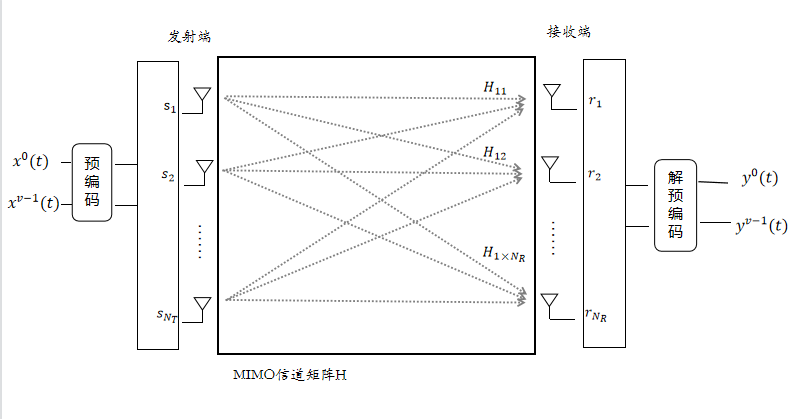


图 2 MIMO发送端与接收端预编码处理

将发送的数据流S与接收端数据流R分别表示成

均值为0，方差为1的高斯白噪声N表示

信道变换的矩阵H

于是接收端信号R

即

假定发送端与接收端均知道H，将信道矩阵进行奇异值（SVD）分解成

其中是酉矩阵，且V即是预编码所需的码本，是对角阵

则接收端信号可表示为

假设对发送端信号S进行预编码预处理得：

在接收端相应进行解预编码处理，即对接收信号乘以

则可恢复发射端信号

对于接收信号

假设功率平均分配，平均功率

则经过预编码的信道容量表示为

其中矩阵Q的特征值集合为。而在没有预编码的环境下，信道容量为

根据以上描述，预编码过程即将MIMO系统转换成多个不相干的通道，在应用时，根据协议中定义的PMI,选择使得信道矩阵容量最大的V，在发射端与信号进行相乘。如图 4所示。

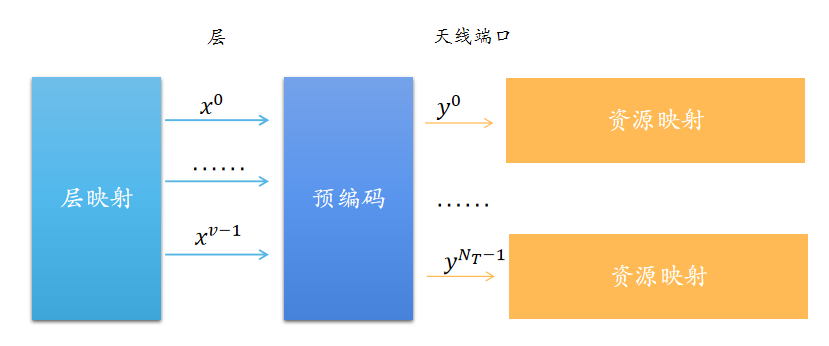


图 3 预编码过程

假定层映射数量为，发射的天线数为。将层数据预编码处理后结果为

例如将QPSK信号进行两层预编码处理至两发射天线，与相应解预编码的结果如表所示。

表 1 两层两发射天线的预编码与解预编码

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **发送信号** | **预编码矩阵V** | **预编码后信号** | **解预编码后信号** |
|  |  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

根据信道预编码原理，实验SRS信道，对单层接收天线数量为2的模型，使用PMI = [0.707,0.707]进行预编码处理。计算得其信道容量如图 5所示，明显地，经过预编码处理的信道容量高于没有经过预编码处理的信道容量。



图 4 SRS信道PMI对信道容量的影响