

MIMO 发射波束形成的再解释

临菲信息技术港

【本文根据临菲信息技术港答知乎问简要修改】

假设 MIMO 在基站。

MIMO 接收波束形成，是使基站收到期望移动用户的信号最大，而其它移动用户的信号最小。加权、求和，都是在基站接收机内进行。

MIMO 发射波束形成，是使基站发送到期望用户方向的信号最大，而发送到其它移动用户方向的信号最小。加权是在基站发送信号时进行，“求和”是在“空中自然相加”。从原理上说，发射波束形成大体是这样的：

1、单用户情况（单波束形成）：

目的：使发射信号“对准”某一个用户（接收端）的方向，而减小在其它用户方向的干扰。

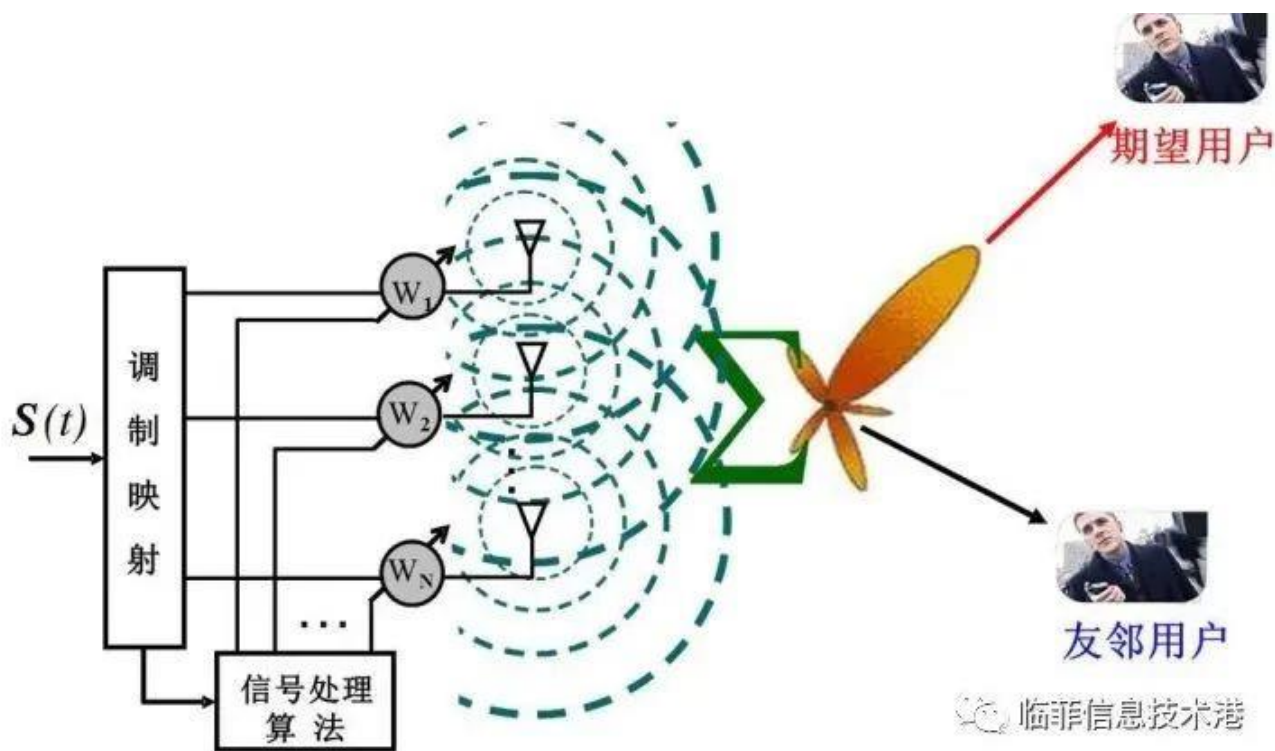
单个用户数据： $X=[x_1, x_2, \dots, x_N]^t$ ，其中， $x_k, k=1, 2, \dots, N$ ，是加到第 k 个天线支路上、等待加权的信号。 $x_1, x_2, \dots, x_N$ 可能是相同的，也可能是不同的（如果是组合波束形成的话），但都是准备发给同一个用户 n 的信号。

然后用权矢量 W 对 X 进行加权，得到每个天线的发射信号： $[w_1x_1, w_2x_2, \dots, w_Nx_N]$ 。这 N 个天线上的信号发到空中后，“自然相加”，成为“一个信号”，用数学表示为： $y=WX$ 。（这里 W 为横矢量， X 为列矢量）

信号 y 向哪个方向传播（或者说发射到哪个方向），是由 W 决定的。 W 取决于天线阵列结构和接收信号用户相对于天线阵列的方向。如果 W 是针对用户的方向设计的，则信号 y 向用户 n 的方向传播。

上面说的向哪个方向传播，是有“方向宽度”的，也就是波束宽度（比如定义为 3dB 波束宽度），这个“宽度”主要决定于天线之间的间隔和天线的数目。要使“方向宽度”（波束宽度）很窄，就要增加天线数目、加大天线间隔（会带来其它一些问题），所以有大规模天线阵列。

说到底，就是产生一个在接收用户方向最大增益的发射阵列方向图。



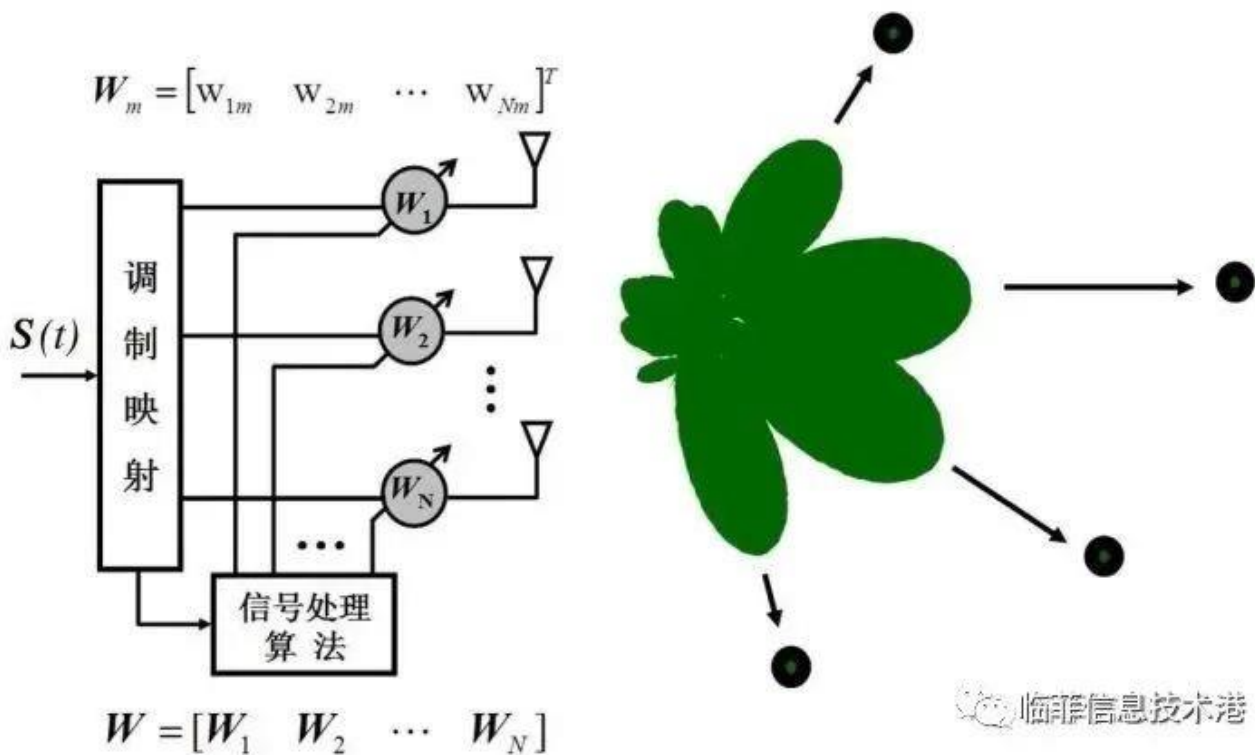
2、多用户情形（多波束形成）：

目的：同时向 M 个用户发射信号，（设用户索引为： $m=1, 2, \dots, M$ ），在第 n 个用户（ $m=n$ ）的方向上只有发给用户 n 的信号，而没有发给其它用户的信号——这里理想情况，实际是这些信号（ $m \neq n$ ）即干扰信号最小。

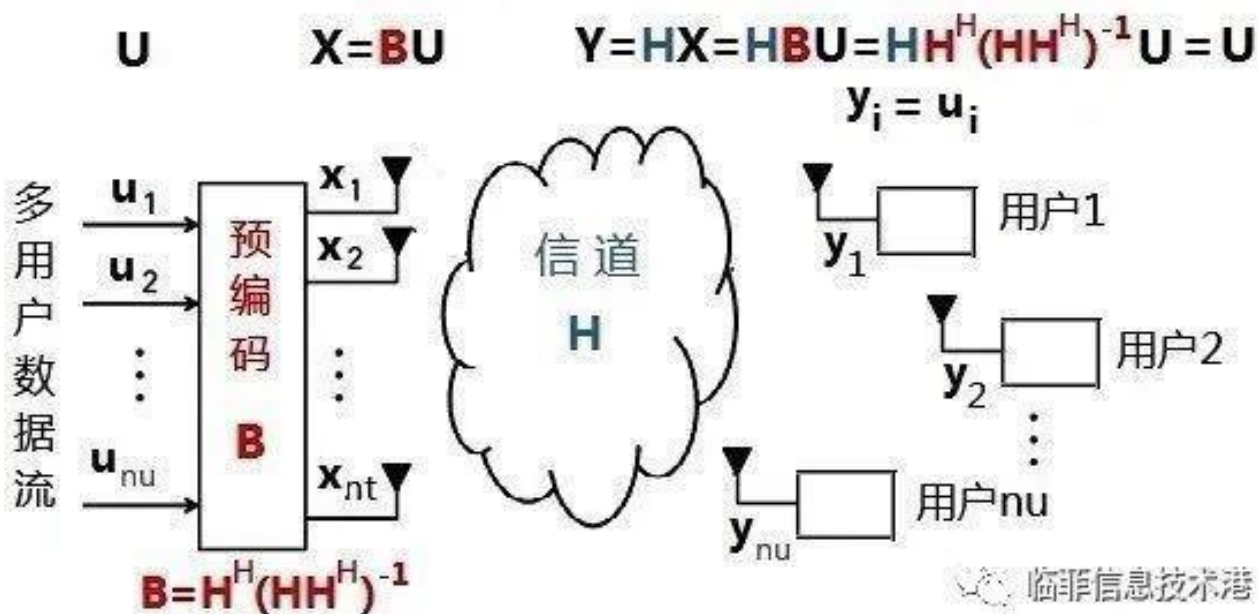
W 为权值矩阵！注意不是矢量！它的第 n 行决定在第 n 个用户方向的增益最大； W 的列索引是天线索引。 W 为 $M \times N$ 。

X 也是数据矩阵！注意不是矢量！它的第 n 列是要发给用户 n 的数据。 X 的行索引是天线索引。 X 为 $N \times M$ 。

WX 发射了 M 个信号，每个信号朝向各自的方向。



临菲信息技术港



临菲信息技术港

点击相关阅读：

[技术关联与 5G 应用：相控阵, 自适应天线, 智能天线和 MIMO](#)



临菲信息技术港



临菲信息技术港（公众号）



腾讯 • 临菲课堂



临菲编程（公众号）