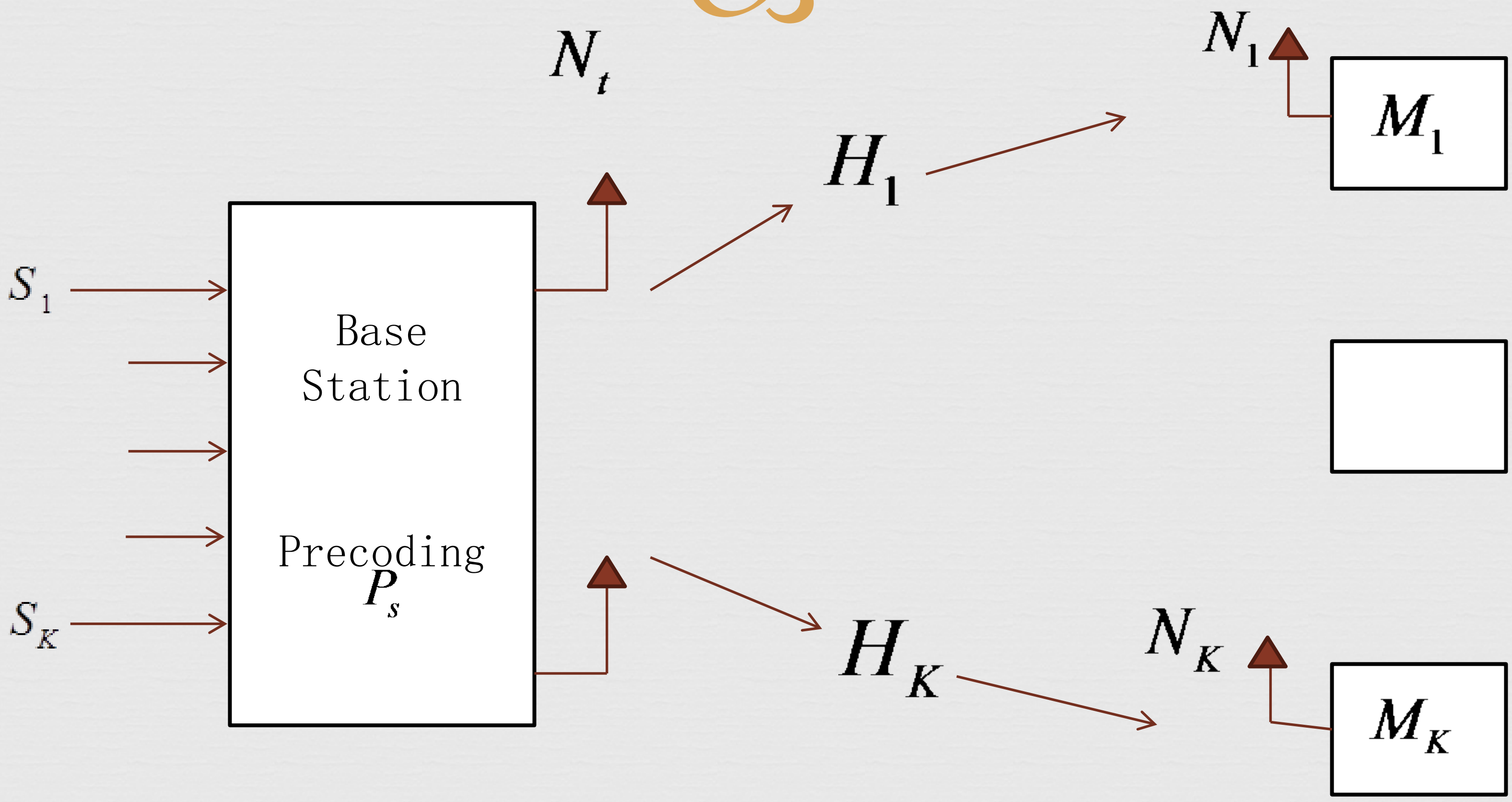
MIMO预编码的研究

MIMO线性预编码

Zxql of BUPT

MIMO信道模型



MIMO信道模型

上述模型，用户k接收的信号：

$$y_k = H_k \sum_{i=1}^{K} W_i s_i + n_k \qquad k = 1\ldots K$$

其中，s_i 和 W_i 分别是 $N_i \times 1$ 发送信号和 $N_i \times N_i$ 预编码矩阵，n_k 是接收端的噪声，H_k 是 $N_k \times N_i$ 用户k的信道矩阵

模型的基本假定

1. 基站到第j个用户的信道建模成$N_j \times N_t$ 的矩阵，并且所有信道矩阵
   $H_s = [H_1^T \ H_2^T \ \mathrm{K} \ H_K^T]^T$
   的信息都被基站知晓
2. 发送信息S_j 是独立零均值，方差为1的向量

   $$E[S_j S_j^H] = I$$

3. 接受端噪声是独立同分布的复高斯，均值为0，方差为1

MIMO预编码的基本目的

我们可以把接收信号公式

$$y_k = H_k \sum_{i=1}^{K} W_i s_i + n_k$$

改写为

$$y_k = H_k W_k s_k + \sum_{i \neq k} H_k W_i s_i + n_k$$

可以看出 $\sum_{i \neq k} H_k W_i s_{\mathrm{i}}$ 是用户间的干扰

MIMO预编码的基本目的

预编码的目的是，寻找合适的预编码矩阵 W_k ，使满足下述关系：

$$H_i W_k = 0 \quad \text{for all} \quad k \neq i$$

如此，$y_k = H_k W_k s_k + \sum_{i \neq k} H_k W_i s_i + n_k$ 变成下式

$$y_k = H_k W_k s_k + n_k$$

用户间的干扰得到消除

迫零线性预编码

Zero-Forcing precoding

考虑一种简单的情况，即假定每个用户单天线

$N_k = 1$ for all k

此时，

W_k is $N_t \times 1$ H_k is $1 \times N_t$

定义

$H = [H_1^T \cdots H_K^T]^T$ $\quad\quad$ $K \times N_t$

迫零线性预编码

定理1：矩阵$A\in C^{m\times n}$ $m\le n$，当且行满秩时，存在右伪逆矩阵且唯一 $R=A^{\mathrm{T}}\left(AA^{T}\right)^{-1}$

对 $H=[H_1^T \ldots H_K^T]^T$ $K\times N_t$

若基站天线数不少于所有用户天线数(限制条件），此时 $K\le N_t$

满足定理条件

迫零线性预编码

故存在 $W = H^H \left(HH^H\right)^{-1}$ $\quad N_t \times K$

令

$$\boldsymbol{W} = [\boldsymbol{W}_1 \ \boldsymbol{W}_2 \ \boldsymbol{W}_3 \mathrm{K} \ \boldsymbol{W}_K]$$

有

$$\boldsymbol{HW} = \boldsymbol{I}$$

即满足

$$H_i W_k = 0 \quad \text{for all} \quad \mathrm{k} \neq \mathrm{i}$$

块对角化线性预编码

Block Diagonalization(BD)

更普遍的情况是，接收端多天线，此时迫零算法不再适用，基于奇异值分解（SVD）的块对角化算法被提出。

定理2：矩阵$A \in C_r^{m\times n} \quad (r = rank(A) > 0)$

，则存在m阶酉矩阵U和n阶酉矩阵V，使得：

$$A = U\begin{pmatrix} \Sigma & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} V^H = U\begin{pmatrix} \Sigma & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} [V_1 \ V_0]^H$$

性质1：$AV_0 = 0$ V_0 其中 n r 是后列