

Informações para Atividade Prática 4

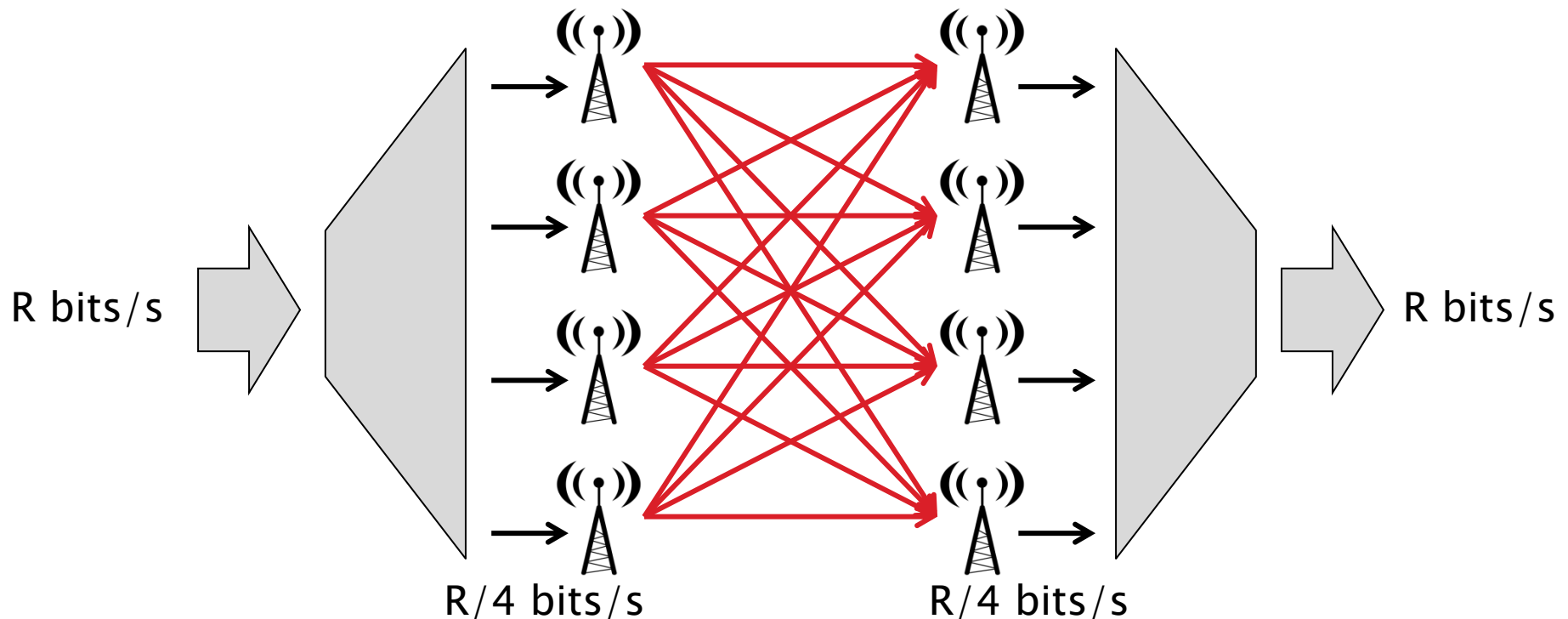
INF01005 – Comunicação de Dados
Prof. Gabriel Luca Nazar

Trabalho prático

- ▶ Modelar um sistema de comunicação sem fios utilizando a tecnologia MIMO
 - Tecnologia utilizada em sistemas de sem fios de altas taxas, como 802.11, 802.16, telefonia 4G
- ▶ Utilizar o algoritmo *Zero Forcing* para detectar os símbolos enviados

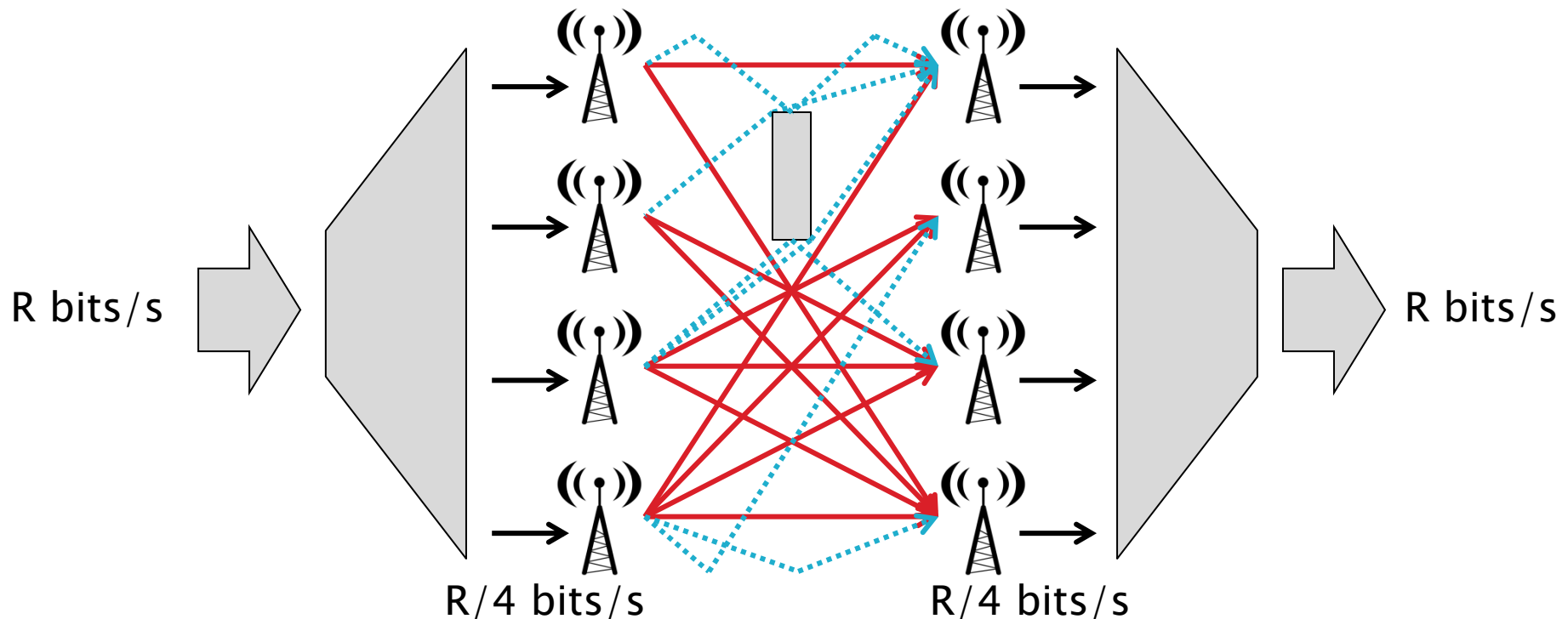
Sistemas de comunicação MIMO

- ▶ MIMO: *Multiple-Input Multiple-Output*
 - Transmissor e receptor usam múltiplas antenas, separando o fluxo original em múltiplos fluxos de taxas menores



Sistemas de comunicação MIMO

- ▶ Reflexões e difrações podem criar diversos caminhos
 - Com diferentes características de fase e amplitude



Sistemas de comunicação MIMO

- ▶ Receptor deve ter conhecimento da **função de transferência** do canal
 - **Caminho de propagação** de cada antena de transmissão até cada antena de recepção
 - Pode ser modelada como uma matriz complexa H , onde cada posição $H_{i,j}$ indica **defasamento** e **atenuação** da antena de transmissão j até a antena de recepção i
 - Processamento complexo para separar os fluxos novamente no receptor
 - Desvanecimento altera H e exige readaptação do receptor

Sistemas de comunicação MIMO

► Modelo do canal

$$y = Hx + n$$

- NT antenas de transmissão, NR antenas de recepção
- x é o vetor coluna de NT símbolos enviados
- y é o vetor coluna de NR símbolos recebidos
- n é o vetor de ruído (NR valores)
- H , x , y e n são **complexos**

Sistemas de comunicação MIMO

- ▶ Receptor conhece H e y , deve recuperar x
 - Resolver sistema com NR equações e NT variáveis
 - Problema conhecido como **detecção MIMO**
- ▶ Exemplo 2x2:

$$y_1 = x_1 \cdot h_{1,1} + x_2 \cdot h_{1,2} + n_1$$

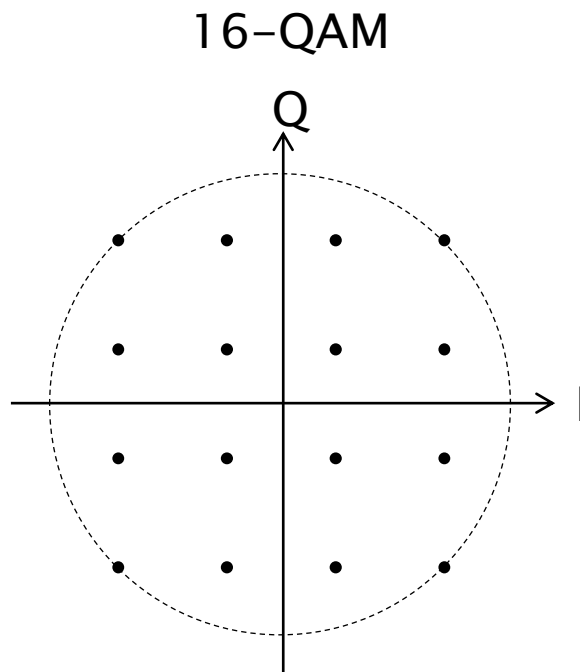
$$y_2 = x_1 \cdot h_{2,1} + x_2 \cdot h_{2,2} + n_2$$

ou matricialmente:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{1,1} & h_{1,2} \\ h_{2,1} & h_{2,2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \end{bmatrix}$$

Sistemas de comunicação MIMO

- ▶ Resolução de um sistema linear é fácil, mas:
 - Temos, adicionalmente, um vetor ruído!
 - Símbolos de x são símbolos discretos da constelação!



Sistemas de comunicação MIMO

- ▶ **Detecção MIMO ótima** consiste em resolver a otimização:

$$\min_{x \in M^{NT}} \|y - Hx\|^2$$

- Onde M^{NT} é o conjunto de todos os vetores com NT símbolos da constelação M de modulação
- ▶ Ou seja: achar o x que minimiza a diferença total entre os Hx e y
 - Detecção ML (*Maximum-likelihood*)
 - Problema **NP-completo**

Sistemas de comunicação MIMO

- ▶ Uma solução sub-ótima:
 - *Zero-forcing*
 - Calcular a *pseudo-inversa* H^\dagger de H
 - Generalização da inversa, aplicável a matrizes retangulares
 - Função `pinv` do Octave
 - Estimar: $\hat{x} = \text{slice}(H^\dagger y)$
- Onde *slice* consiste em aproximar cada posição do vetor ao ponto mais próximo da constelação