

Instituto Federal de Santa Catarina

Curso superior de tecnologia em sistemas de telecomunicação

Comunicações móveis 2

Técnicas de diversidade

Prof. Diego da Silva de Medeiros

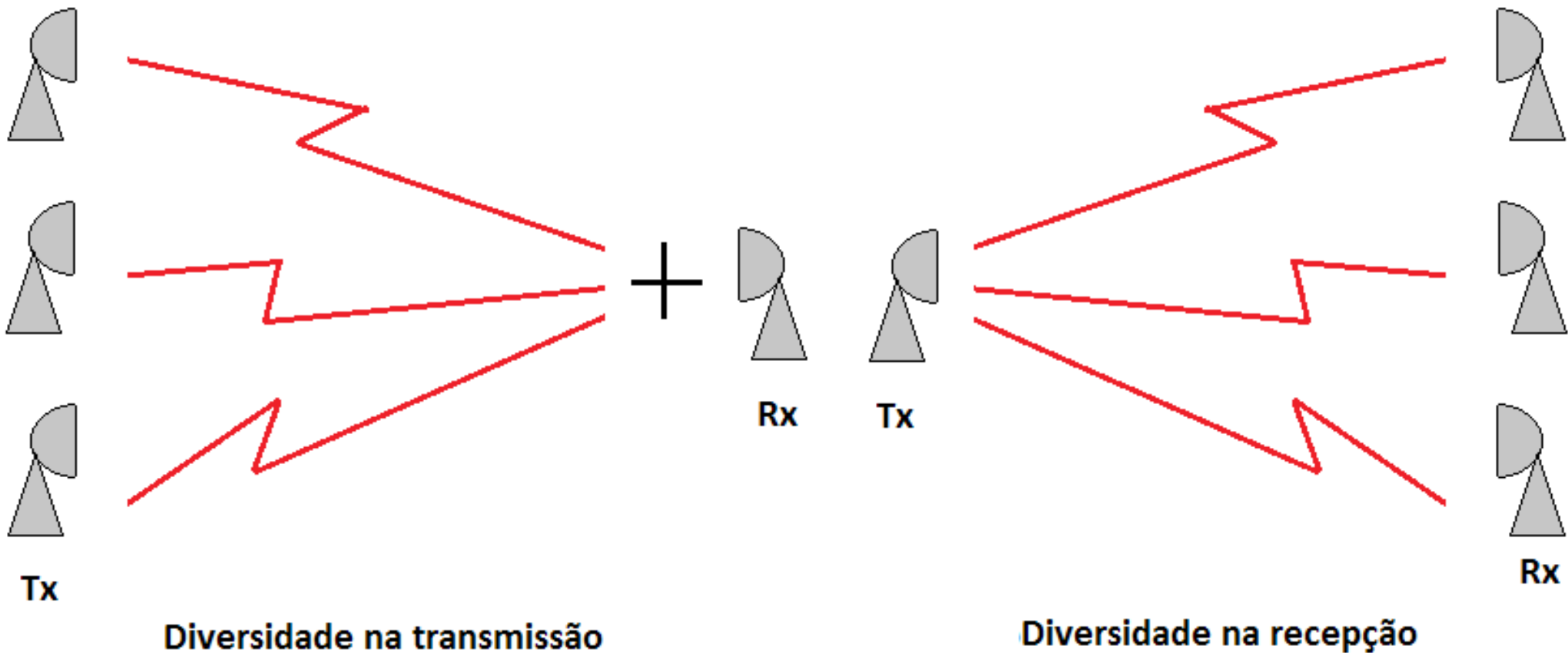
São José, outubro de 2011

Diversidade

- Combinação de dados trafegados em caminhos de multipercursos diferentes
- Empregada na redução dos efeitos do canal rádio móvel
- Sinais de percursos diferentes tem baixa probabilidade de serem atingidos por desvanecimento profundo simultaneamente
- Pode ser usada tanto na transmissão quanto na recepção
- Formas de obtenção de diversidade
 - Diversidade espacial
 - Diversidade em frequência
 - Diversidade no tempo

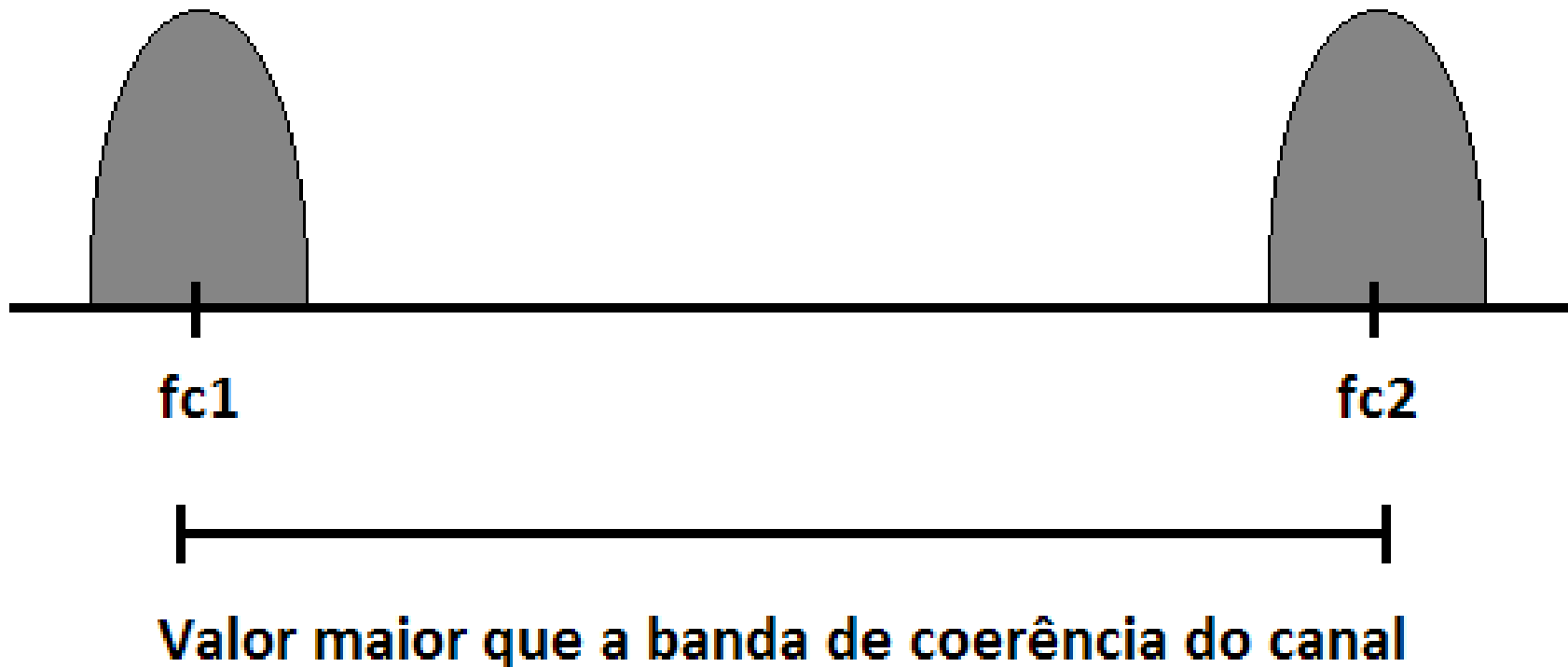
Diversidade espacial

- Múltiplas antenas são utilizadas na comunicação
- Na transmissão
 - Várias cópias do sinal são transmitidas, sendo cada uma delas afetada por um desvanecimento diferente
 - Cópias são somadas na recepção
- Na recepção
 - Mesmo sinal transmitido, propagado por caminhos diferentes, são combinados



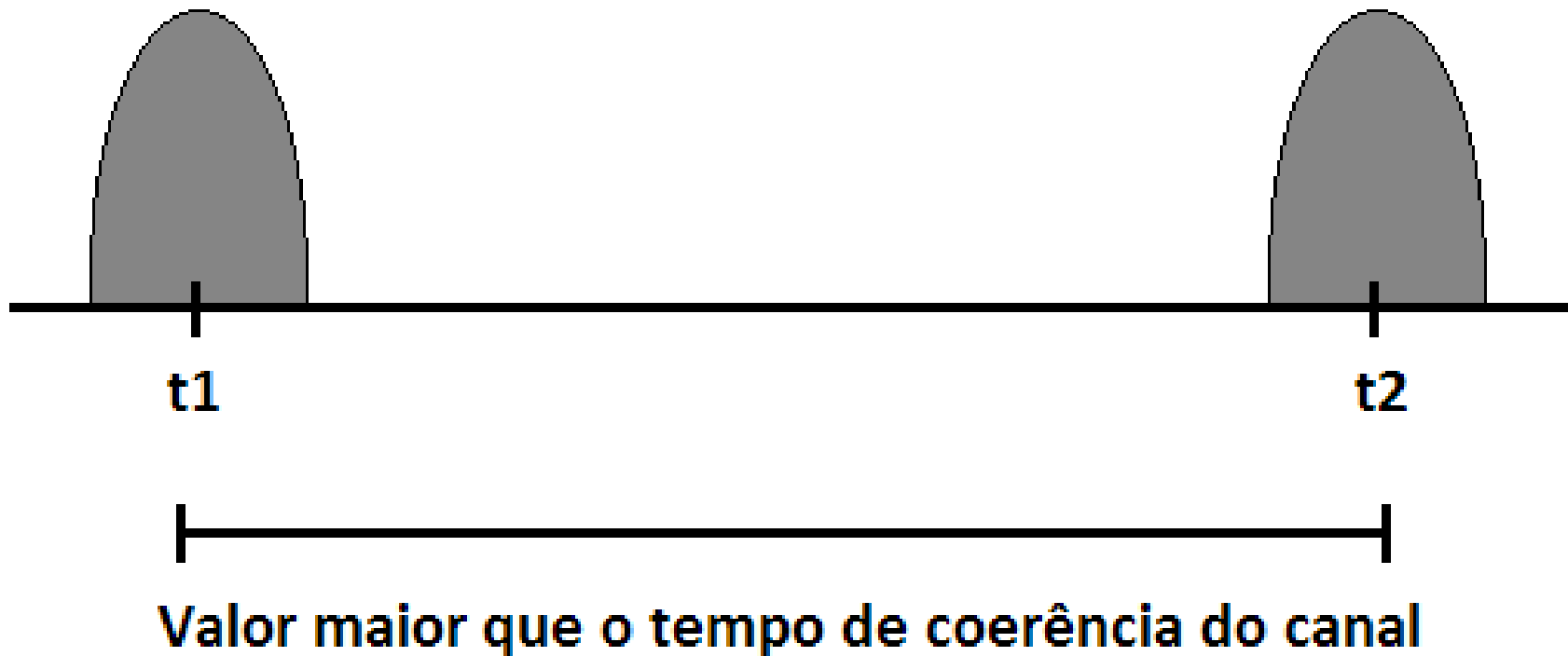
Diversidade em frequência

- Sinal banda estreita é transmitido em portadoras diferentes
- Separação em frequência das portadoras com um valor maior que a banda de coerência do canal



Diversidade no tempo

- O mesmo sinal é transmitido em tempos diferentes
- Diferença temporal é maior que o tempo de coerência do canal
- Não pode ser usada em canais estacionários

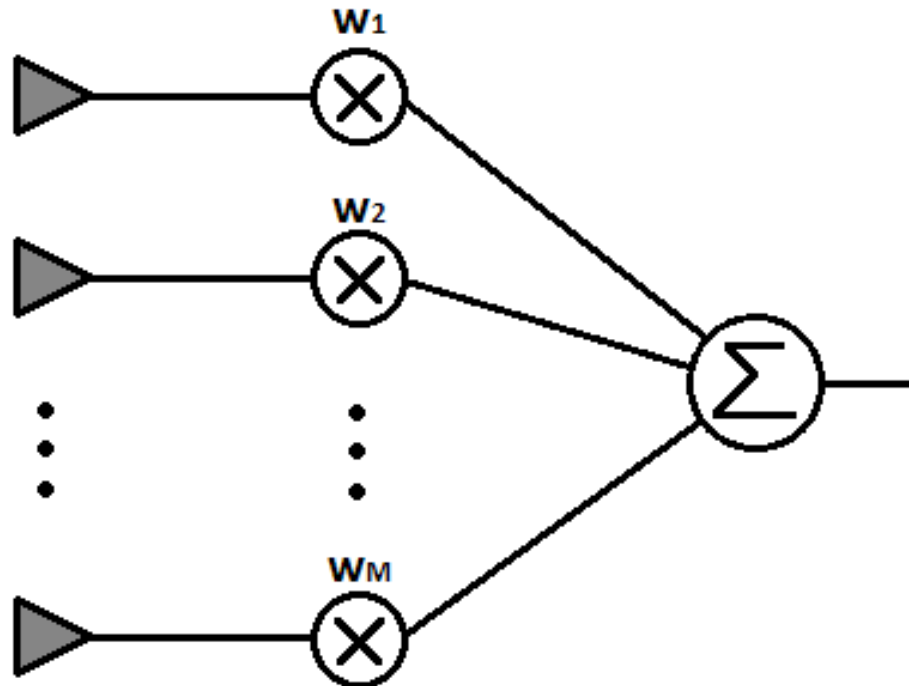


Diversidade na recepção

- Sinais recebidos em cada antena são combinados para se obter uma melhora no rendimento geral do sistema
- Formas de se combinar os sinais:
 - Linear
 - Selection combining (SC)
 - Threshold combining (TC)
 - Maximal ration combining (MRC)
 - Equal gain combining (EGC)

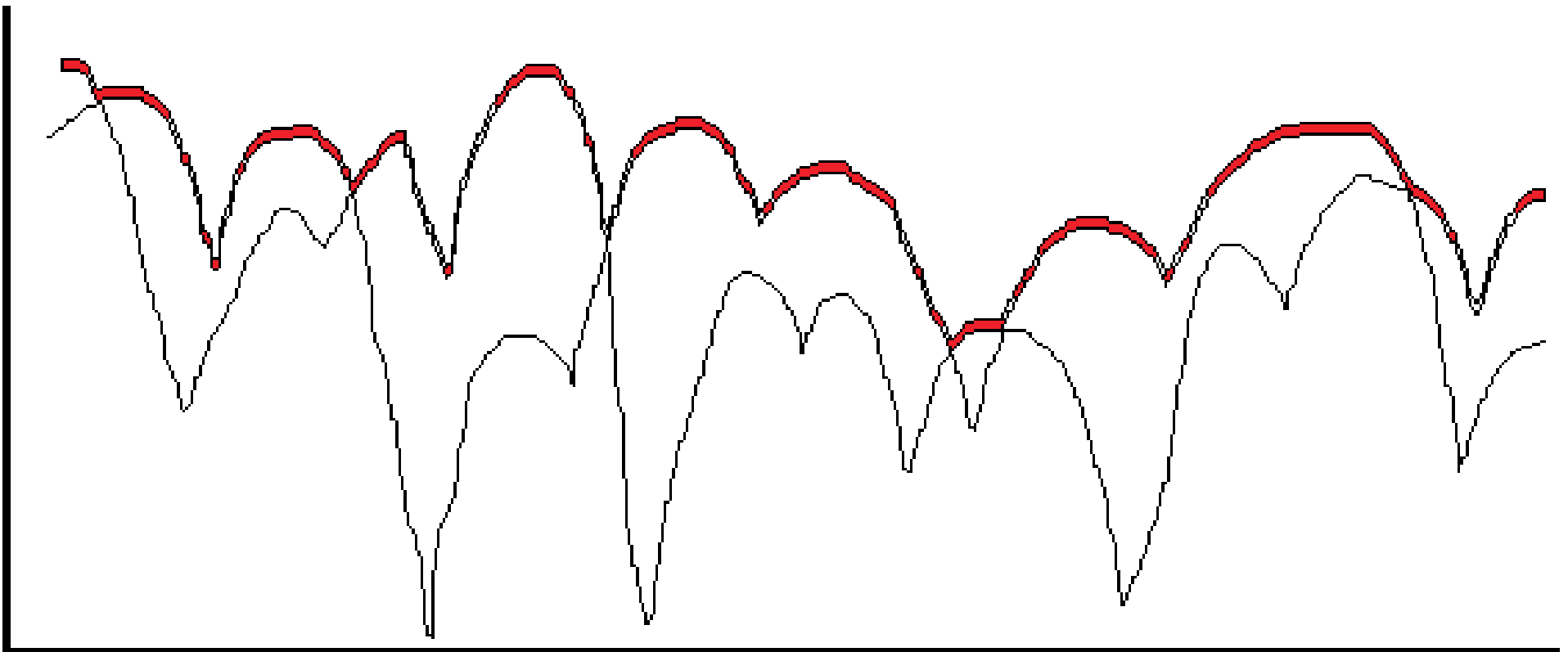
Combinação linear

- Mais primordial forma de combinação
- Soma ponderada dos ramos diferentes
- Necessária a sincronização de fase dos sinais recebidos em cada antena
 - Combinação incluída no sistema através dos pesos w_i



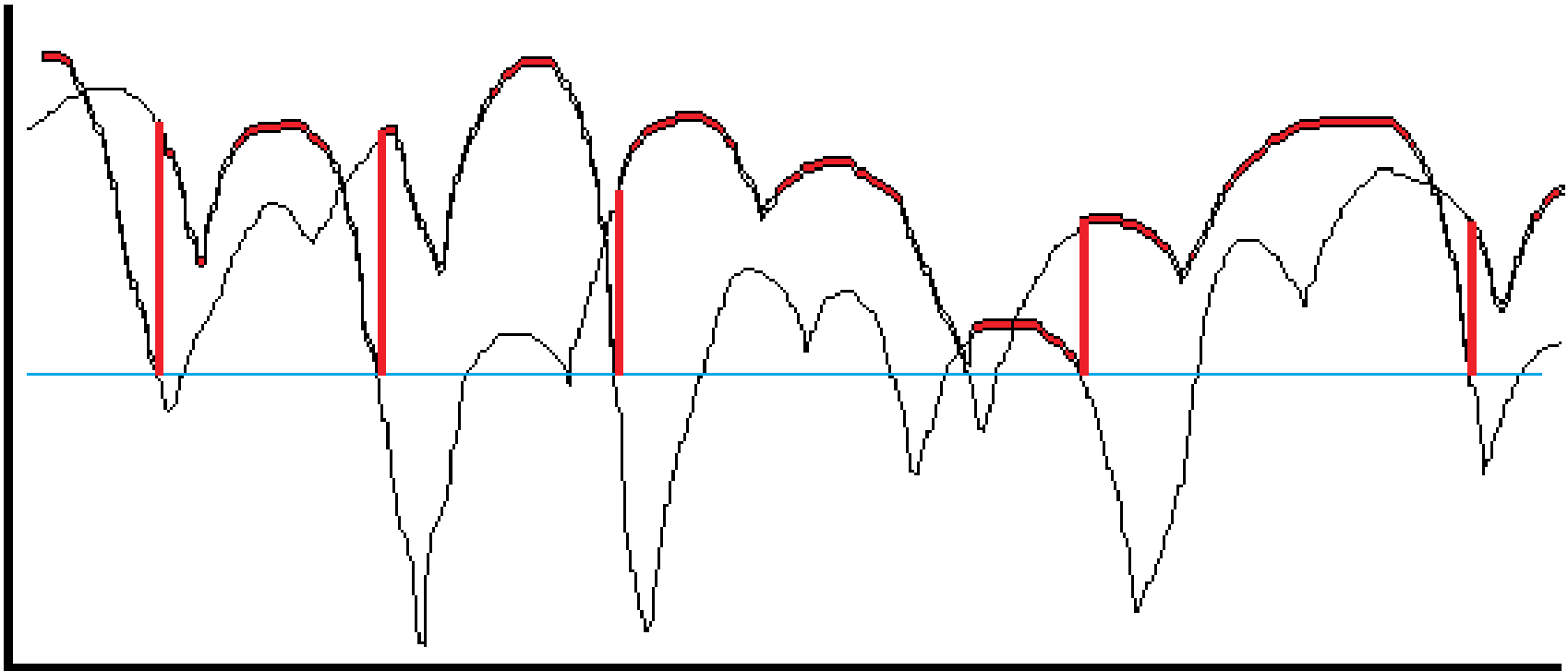
Selection combining (SC)

- Saída do combinador é igual ao ramo de mais alta SNR
- Precisa que somente um receptor seja comutado para ativo
- Necessária a utilização de um receptor em cada antena, que fará a monitoração da SNR feita em cada um dos ramos continuamente
- SNR de saída é igual à SNR máxima de todos os ramos
- Desnecessária a sincronização de fase entre os sinais de cada ramo



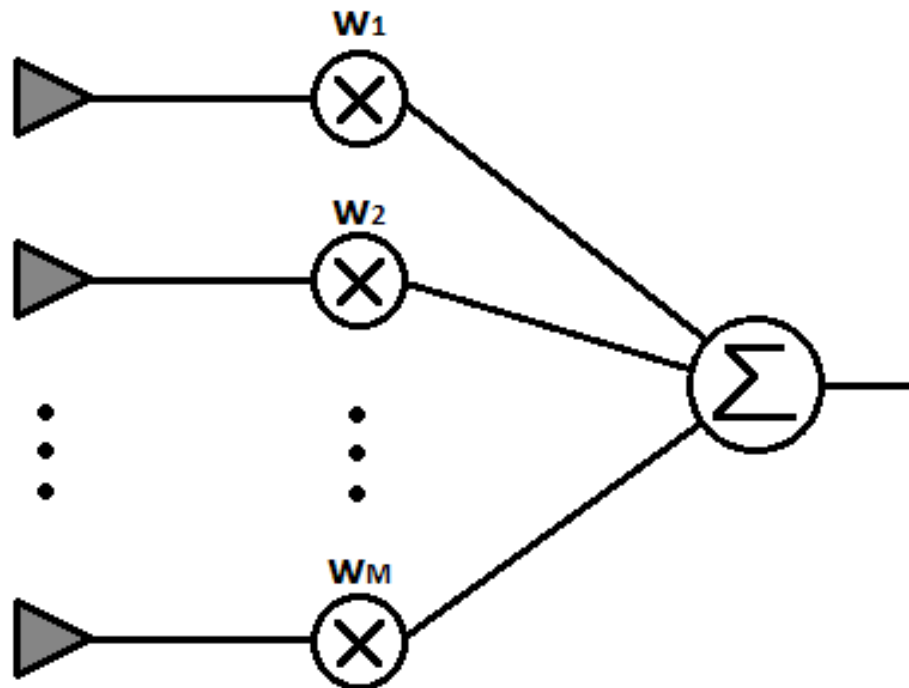
Threshold combining (TC)

- Criado para resolver a necessidade dos múltiplos receptores dedicados
- Ramos são varridos em ordem sequencial
- Primeiro ramo com SNR acima de um determinado limiar é utilizado
- Selecionado o ramo, a seleção se mantém enquanto a SNR se mantiver acima do limiar
- Quando a SNR atingir o limiar, um outro ramo com SNR superior é escolhido
- Vários métodos de comutação, sendo o mais simples a comutação aleatória
- Desnecessidade de sincronização de fase entre os ramos



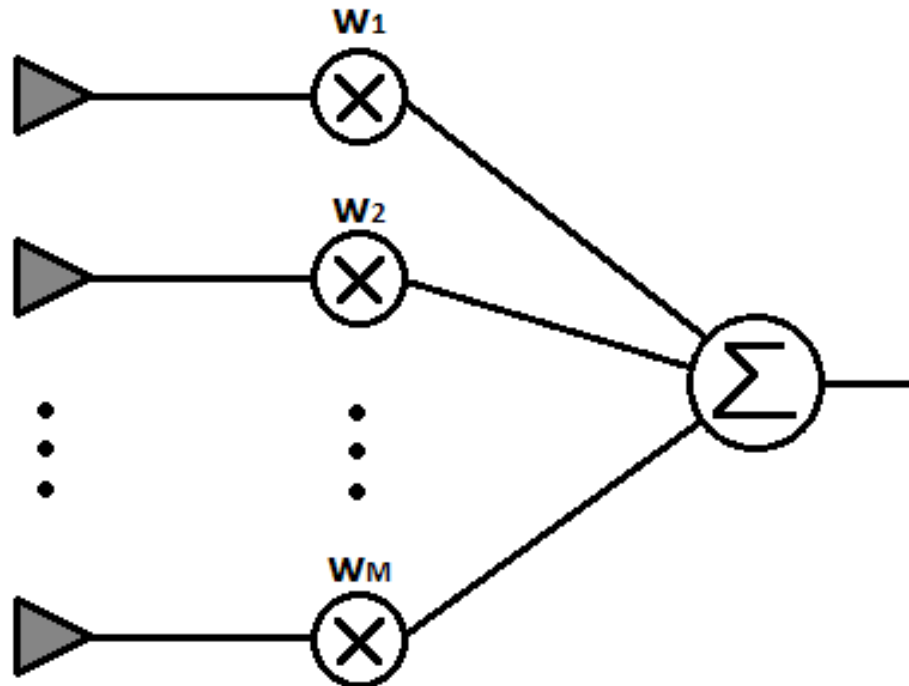
Maximal ratio combining (MRC)

- Saída é uma soma ponderada de todos os ramos
- Pesos w_i são escolhidos de forma a maximizar a SNR de saída
 - Ramos com SNR maiores serão ponderados com valores maiores
 - Ramos com SNR menores serão ponderados com valores menores
 - Pesos w_i são proporcionais à SNR dos ramos
- Necessária sincronização de fase, incluída nos pesos w_i



Equal gain combining (EGC)

- Soma ponderada de todos os ramos do sistema
- Pesos fixos, não sendo utilizada a SNR como parâmetro
- Pesos w_i usados principalmente na sincronização de fase



Diversidade na transmissão

- Conveniente em aplicações como os sistemas celulares, onde mais espaço, potência e capacidade de processamento estão disponíveis no lado transmissor (ERB)
- Projeto depende do conhecimento do canal pelo transmissor
 - Canal conhecido
 - Esquemas semelhantes à diversidade na recepção
 - Canal desconhecido
 - Técnica mais complexa
 - Alamouti

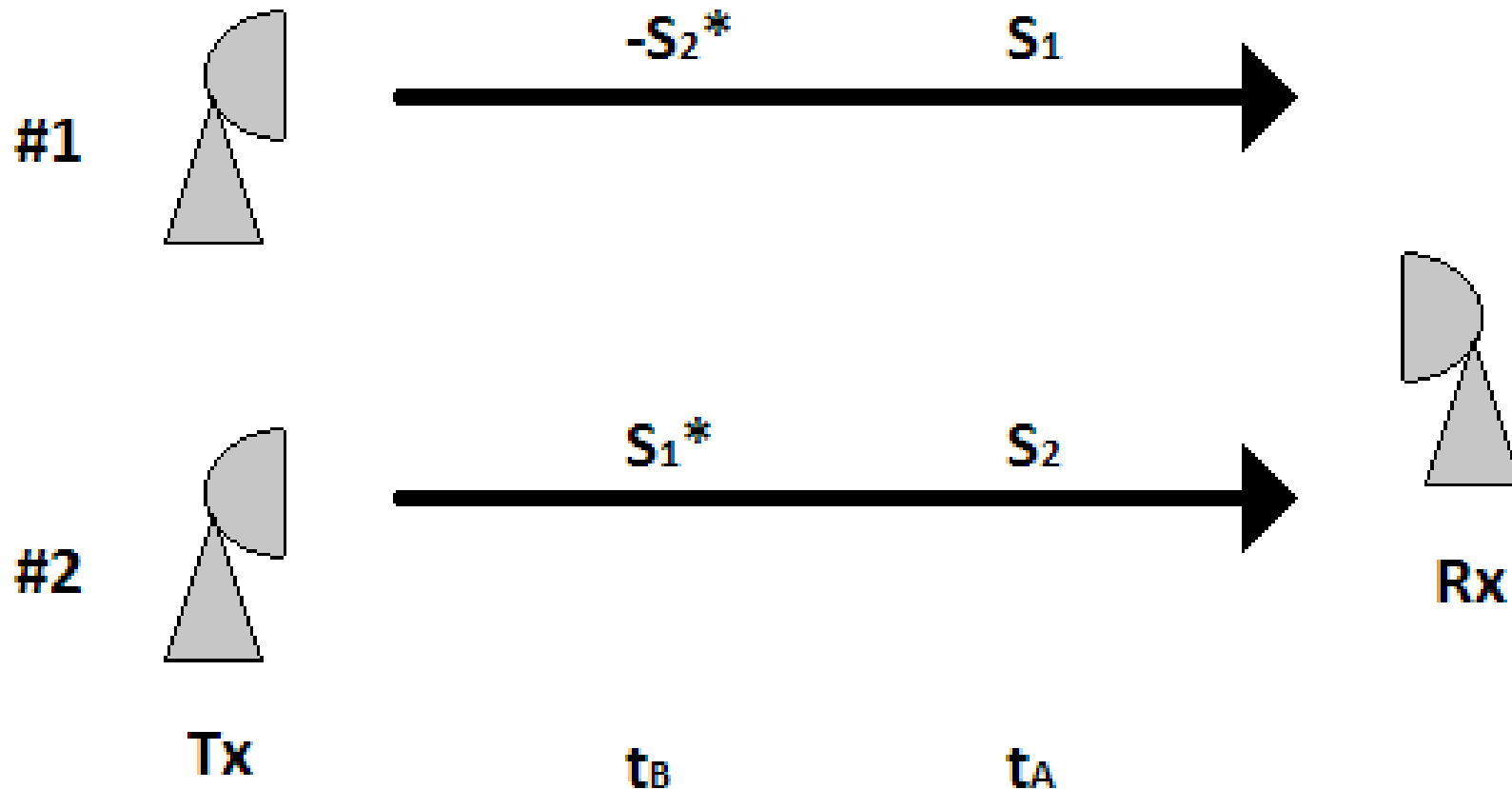
Diversidade na transmissão com conhecimento do canal

- Usa os mesmos esquemas da diversidade na recepção (SC, TC, MRC, EGC)
- Performance semelhante da diversidade na recepção, diferindo apenas pela divisão da potência transmitida entre os ramos
- Necessária a obtenção da fase e do ganho do canal
 - Uso de sequências piloto e caminho de retorno

Diversidade na transmissão sem conhecimento do canal

- Alamouti

- Esquema muito famoso pela simplicidade
- Usa ao mesmo tempo diversidade espacial e temporal
 - Duas antenas transmissoras e dois períodos de símbolo



- Considerações

- Canal plano \rightarrow Convolução é uma multiplicação
 - Modelado por um número complexo
- Canal independente entre as antenas
- Canal assumido constante em dois instantes de tempo

Alamouti

- Ganhos do canal entre antenas transmissoras e receptora

$$h_1 = r_1 e^{j\theta_1}$$

$$h_2 = r_2 e^{j\theta_2}$$

- Símbolos recebidos nos dois períodos de tempo t_A e t_B

$$y_A = h_1 s_1 + h_2 s_2 + n_A$$

$$y_B = -h_1 s_2^* + h_2 s_1^* + n_B$$

onde n_A e n_B são amostras de ruído AWGN no receptor associado à transmissão nos tempos A e B

- Vetor de símbolos recebidos

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_A \\ y_B^* \end{bmatrix} = \mathbf{H} \times \mathbf{s} + \mathbf{n} = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 \\ h_2^* & -h_1^* \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_A \\ n_B^* \end{bmatrix}$$

Alamouti

- Definindo um novo vetor

$$\begin{aligned} \mathbf{z} = \begin{bmatrix} z_A \\ z_B \end{bmatrix} &= \mathbf{H}^H \times \mathbf{y} = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 \\ h_2^* & -h_1^* \end{bmatrix} \times \left(\begin{bmatrix} h_1 & h_2 \\ h_2^* & -h_1^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_A \\ n_B \end{bmatrix} \right) \\ h_1^* h_1 &= r_1 e^{j\theta_1} \times r_1 e^{-j\theta_1} = r_1^2 e^{j(\theta_1 - \theta_1)} \\ &= r_1^2 \\ &= |h_1|^2 \\ &= \left(|h_1|^2 + |h_2|^2 \right) \mathbf{I} \times \mathbf{s} + \tilde{\mathbf{n}} \end{aligned}$$

- Ou seja, os símbolos s_1 e s_2 são desacoplados