

Equalização de canais de comunicação para a sincronização de mapas

Renato Candido, Marcio Eisenkraft e Magno T. M. Silva

Escola Politécnica, USP

Outubro de 2013

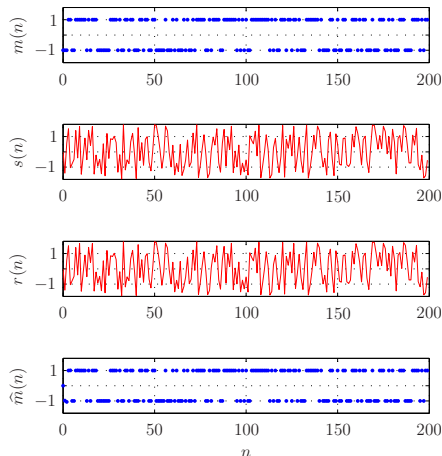
- 1 Introdução
- 2 Sistema de comunicação de Wu e Chua
- 3 Equalização para o sistema de Wu e Chua
- 4 Resultados e conclusões

- Sistema que transmite mensagens moduladas em sinais caóticos
- Potencial para alto nível de privacidade
- Várias ideias de sistemas na literatura, por exemplo
 - Argyris et al., 2005: sistema de alta velocidade e longa distância em canal comercial de fibra óptica

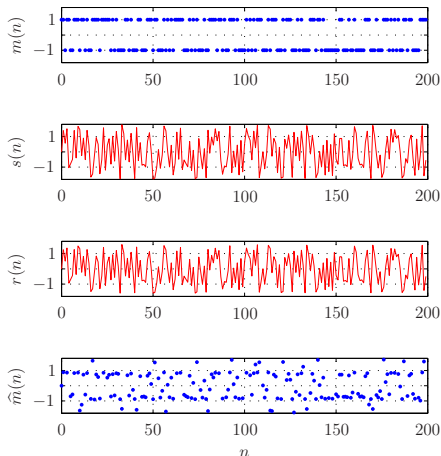
Problema

Ruído e distorção

$$r(n) = s(n)$$



$$r(n) = 0,9s(n)$$



→ Equalização para eliminar a distorção introduzida pelo canal

$$\text{Mestre: } \mathbf{x}(n+1) = \mathbf{A}\mathbf{x}(n) + \mathbf{b} + \mathbf{f}(x_1(n))$$

$$\text{Escravo: } \hat{\mathbf{x}}(n+1) = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}(n) + \mathbf{b} + \mathbf{f}(x_1(n))$$

$$\mathbf{f}(\cdot): \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^K, \text{ sendo } \mathbf{f}(x_1(n)) = [f(x_1(n)) \ 0 \ 0 \ \dots \ 0]^T$$

$$\text{Mestre: } \mathbf{x}(n+1) = \mathbf{A}\mathbf{x}(n) + \mathbf{b} + \mathbf{f}(x_1(n))$$

$$\text{Escravo: } \hat{\mathbf{x}}(n+1) = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}(n) + \mathbf{b} + \mathbf{f}(x_1(n))$$

$$\mathbf{f}(\cdot): \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^K, \text{ sendo } \mathbf{f}(x_1(n)) = [f(x_1(n)) \ 0 \ 0 \ \dots \ 0]^T$$

Erro de sincronismo:

$$\mathbf{e}(n) \triangleq \hat{\mathbf{x}}(n) - \mathbf{x}(n)$$

$$\mathbf{e}(n+1) = \mathbf{A}\mathbf{e}(n)$$

$$\text{Mestre: } \mathbf{x}(n+1) = \mathbf{A}\mathbf{x}(n) + \mathbf{b} + \mathbf{f}(x_1(n))$$

$$\text{Escravo: } \hat{\mathbf{x}}(n+1) = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}(n) + \mathbf{b} + \mathbf{f}(x_1(n))$$

$$\mathbf{f}(\cdot): \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^K, \text{ sendo } \mathbf{f}(x_1(n)) = [f(x_1(n)) \ 0 \ 0 \ \dots \ 0]^T$$

Erro de sincronismo:

$$\mathbf{e}(n) \triangleq \hat{\mathbf{x}}(n) - \mathbf{x}(n)$$

$$\mathbf{e}(n+1) = \mathbf{A}\mathbf{e}(n)$$

Se os autovalores λ_i de \mathbf{A} satisfizerem $|\lambda_i| < 1, 1 \leq i \leq K$:

$$\mathbf{e}(n) \rightarrow \mathbf{0} \Rightarrow \text{Sistemas sincronizados}$$

Inclusão da mensagem $m(n)$

- Codifica-se $m(n)$ usando o primeiro componente de $\mathbf{x}(n)$:

$$s(n) = c(x_1(n), m(n)), \text{ por exemplo, } s(n) = x_1(n) \cdot m(n)$$

- De forma que se possa recuperar

$$\hat{m}(n) = c^{-1}(\hat{x}_1(n), s(n)), \text{ por exemplo, } \hat{m}(n) = \frac{s(n)}{\hat{x}_1(n)}$$

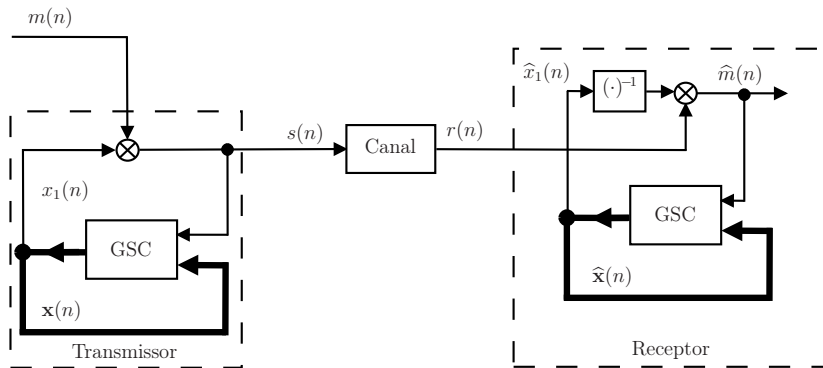
$$\text{Mestre: } \mathbf{x}(n+1) = \mathbf{A}\mathbf{x}(n) + \mathbf{b} + \mathbf{f}(s(n))$$

$$\text{Escravo: } \hat{\mathbf{x}}(n+1) = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}(n) + \mathbf{b} + \mathbf{f}(s(n))$$

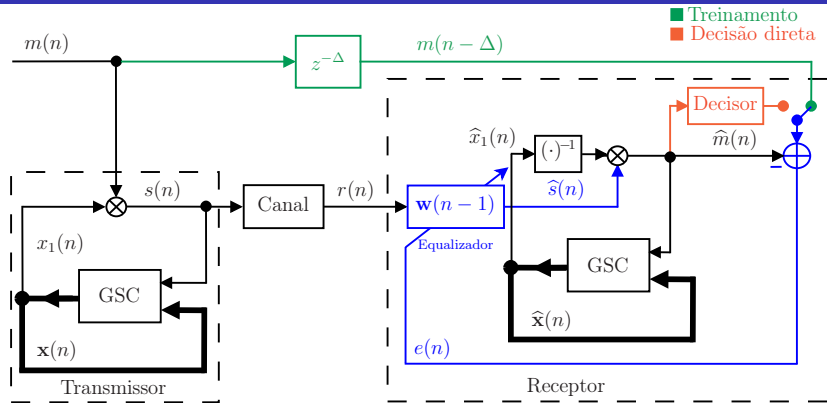
Sistema de comunicação de Wu e Chua

$$\text{Transmissor: } \mathbf{x}(n+1) = \mathbf{A}\mathbf{x}(n) + \mathbf{b} + \mathbf{f}(s(n))$$

$$\text{Receptor: } \hat{\mathbf{x}}(n+1) = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}(n) + \mathbf{b} + \mathbf{f}(r(n))$$



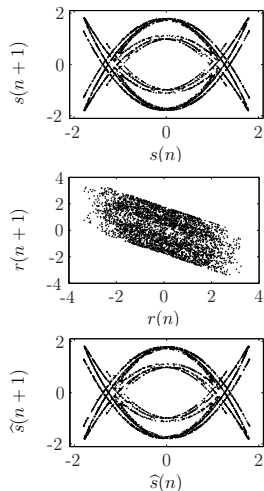
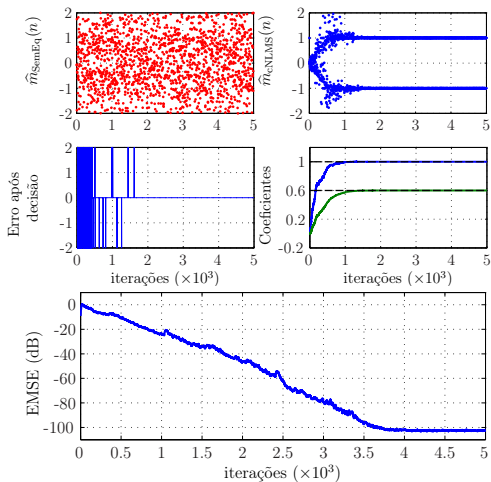
Equalização para o sistema de Wu e Chua



- Entrada: $\mathbf{r}(n) = [r(n) \ r(n-1) \ \dots \ r(n-M+1)]^T$
- Saída: $\hat{s}(n) = \mathbf{r}^T(n) \mathbf{w}(n-1)$
- Sinal de erro: $e(n) = [m(n-\Delta) - \hat{m}(n)]$
- Alg. cNLMS:

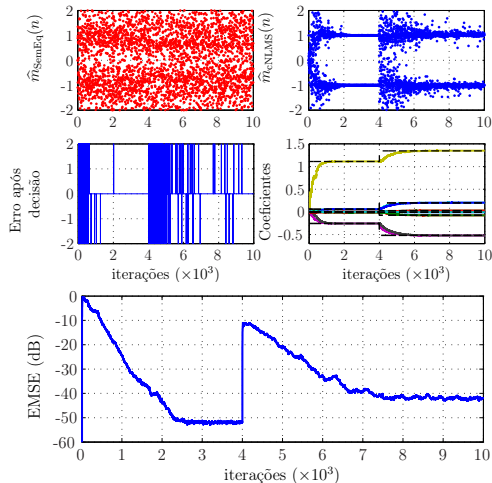
$$\mathbf{w}(n) = \mathbf{w}(n-1) + \frac{\tilde{\mu}}{\delta + \|\mathbf{r}(n)\|^2} \hat{\mathbf{x}}_1(n) e(n) \mathbf{r}(n), \quad 0 < \tilde{\mu} < 2$$

Sim. 1: Mapa Hénon, $H(z) = \frac{1}{1+0,6z^{-1}}$, $W(z) = w_0 + w_1z^{-1}$



$$m(n) \in \{-1; 1\}, M = 2, \Delta = 0, \mu = 0,1, \delta = 10^{-2}$$

Simulação 2: Mudança de canal



$$m(n) \in \{-1; 1\}, M = 11, \Delta = 7, \mu = 0,2, h_1 = [0 \ 0,22 \ 1 \ 0,22], h_2 = [0 \ 0,34 \ 1 \ 0,34]$$

Conclusões e trabalhos futuros

- Comunicação possível em canais não ideais
- Esquema não é limitado ao mapa de Hénon, podendo ser adequado a outros mapas
- Trabalhos futuros:
 - Versão autodidata, eliminando a necessidade de sequência de treinamento
 - Análise do algoritmo

