Salão UFRGS 2018 — CONHECIMENTO FORMAÇÃO INOVAÇÃO

SALÃO DE INICIACAO CIENTIFICA
XXX SIC

15 A 19 OUTUBRO
CAMPUS DO VALE

UFRGS PROPESQ

Controle baseado em eventos para sistemas com não-linearidades nos atuadores

Giovani Merlin, João Manoel Gomes da Silva Jr

Departamento de Sistemas Elétricos de Automação e Energia, UFRGS, Porto Alegre, Brasil

Introdução

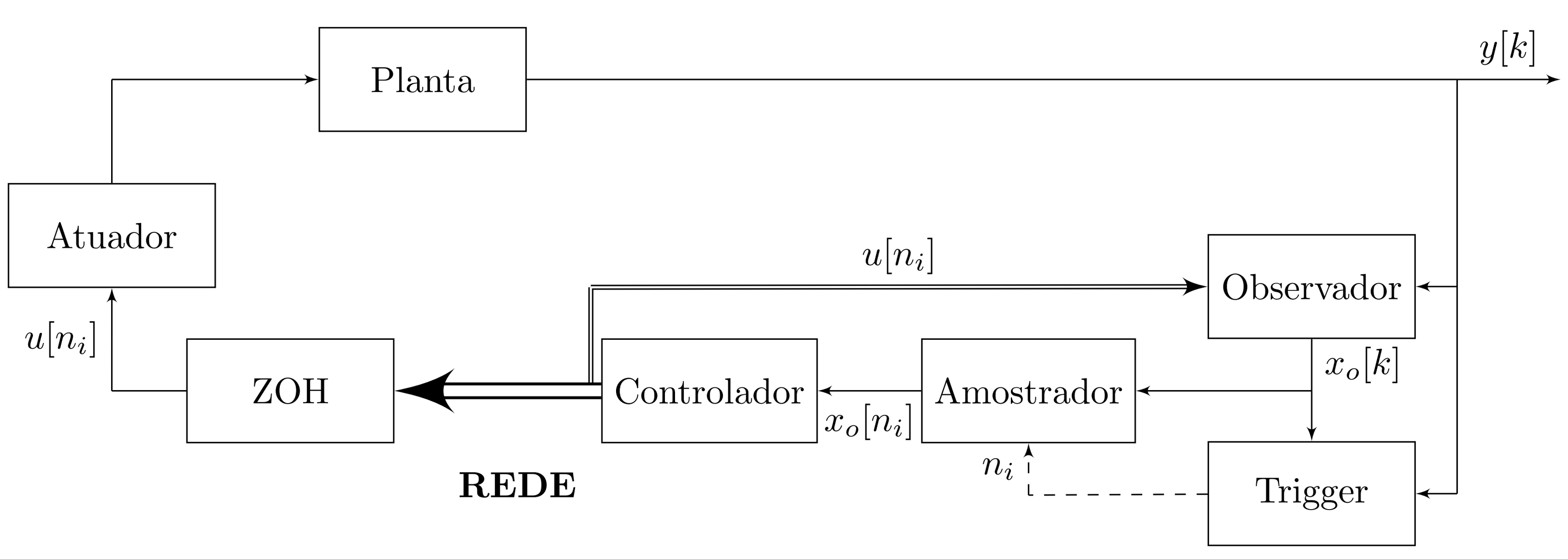
Avanços tecnológicos das redes digitais de comunicação de dados ocorridos nas últimas décadas levaram ao que se chama de sistemas de controle em rede. Em tais sistemas, uma parcela da comunicação entre seus componentes ocorre através de uma rede de comunicação digital genérica e compartilhada, tornando o consumo de banda de comunicação e de energia questões importantes. Tal consumo pode ser reduzido se as transmissões de dados forem reduzidas, e tal redução pode ser feita pela atualização não periódica do sinal de controle.

Objetivos

Projetar sistemas de controle baseados em eventos em tempo discreto considerando :

- Não linearidades de setor nos atuadores
- Utilização de observadores de estados
- Condições de estabilidade na forma de desigualdades matriciais lineares(LMIs)
- Projeto por emulação (lei de controle dada a priori)
- Projeto por Co-design (em desenvolvimento)

Problema



- Modelo da Planta :

$$\begin{cases} x_s[k+1] = A_s x_s[k] + B_s u[k] + B_{sf} f(u[k]) \\ y_s[k] = c_s x_s[k] \end{cases} \tag{1}$$

- Não Linearidade de entrada :

  $f(u[k])$ é uma Não Linearidade limitada por setor, isto é, satisfaz :

$$f(u[k])' S(f(u[k]) + \Omega u[k]) \leq 0 \tag{2}$$

- Modelo do observador de estados :

$$\begin{cases} x_o[k+1] = A_s x_o[k] + B_s u[k] + B_{sf} f(u[k]) - L e_y[k] \\ y_o[k] = C_s x_o[k] \\ e_y[k] = y_s[k] - y_o[k] \\ u[k] = K x_o[k] \end{cases} \tag{3}$$

- Controle Baseado em Eventos

  Considerando que $u[k] = u[n_i] = K x_o[n_i], \quad \forall k \in [n_i, n_{i+1}]$, isto é, o controle só irá atualizar nos instantes n_i. Definindo $\delta[k] = x_o[n_i] - x_o[k]$ como sendo o erro entre o último estado amostrado e o estado atual e $n_o = 0$ para inicializar o controle, é proposto o seguinte algoritmo executado a cada instante k:

Se $g(\delta[k], x_o[k]) > 0$ **então,**
$i = i + 1$
$n_i = k$
$u[n_i] = Kx[k]$ — Atualiza o sinal de controle
Caso contrário,
$u[k] = u[n_i]$ — Mantém o sinal de controle

- Função de Trigger :

$$g(\delta[k], x_o[k]) = \delta'[k] Q_\delta \delta[k] - \begin{bmatrix} x_o[k] \\ e_y[k] \end{bmatrix}' Q_\epsilon^{-1} \begin{bmatrix} x_o[k] \\ e_y[k] \end{bmatrix} < 0 \tag{4}$$

- Condição de Estabilidade (caso Emulação)

  Teorema : Se existerem matrizes simetricas positivas W, Q_δ , $Q_{\epsilon w}$ e J com dimensões apropriadas em que a seguinte LMI é verificada :

$$\begin{bmatrix} -W & 0 & -(\Omega \begin{bmatrix} K & 0 \end{bmatrix} W)' & (AW)' & (CW)' \\ * & -Q_\delta & -(\Omega K)' & B' & 0 \\ * & * & -2J & (B_f J)' & 0 \\ * & * & * & -W & 0 \\ * & * & * & * & -Q_\epsilon \end{bmatrix} < 0 \tag{5}$$

  com :

$$A = \begin{bmatrix} A_s + B_s K & -LC_s \\ 0 & A_s + LC_s \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} B_s K \\ 0 \end{bmatrix} \quad B_f = \begin{bmatrix} B_{sf} \\ 0 \end{bmatrix}$$

  então, o sistema (1) sob a função trigger (4) é globalmente assintoticamente estável.

- Problema de otimização

Otimização 1

minimizar : $\mathrm{tr}(Q_\delta) + \mathrm{tr}(Q_\epsilon)$ (6)
sob: (5)

Otimização 2
Passo 1 :
maximizar μ
sob: $(5), Q_\epsilon = \mu I, Q_\delta = I$ (7)

Passo 2 :
minimizar $\mathrm{tr}(Q_\delta) + \mathrm{tr}(Q_\epsilon)$
sob: $(5), Q_\epsilon > \mu I, Q_\delta < I$

Resultados - Emulação

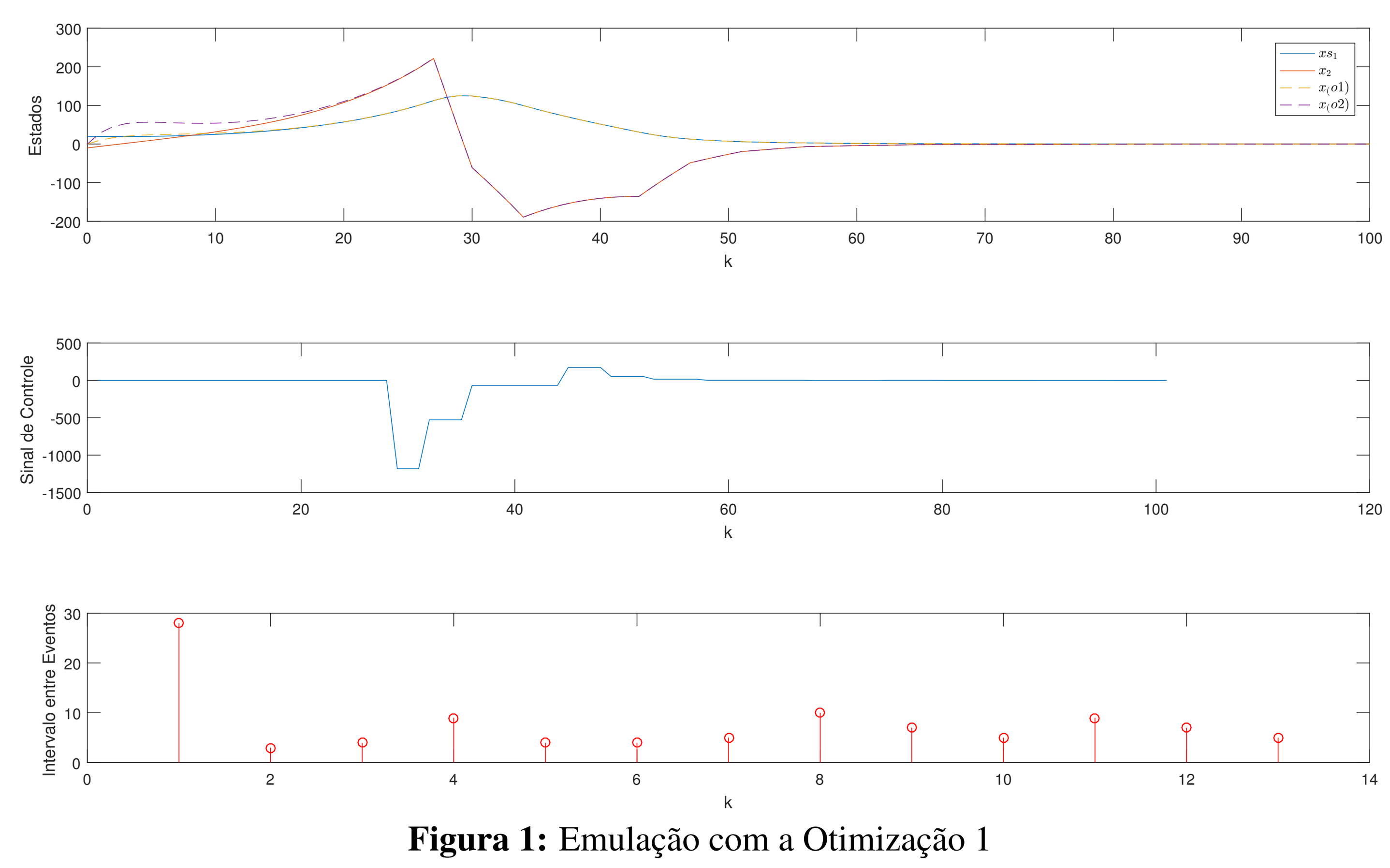


Figura 1: Emulação com a Otimização 1

Tabela 1: Súmula dos resultados

Caso	Otimização	Eventos totais
Controle Periodico	-	100
Emulação	Otimização 1	14
Emulação	Otimização 2	18

Conclusões

- Em relação ao controle periódico, todos os casos formulados até agora se mostraram efetivos, no sentido de possuírem menos atualizações do sinal de controle.
- O caso do Co-Design e estabilização regional serão abordados na apresentação.