

Estimación del estado: Concepto de "observador"

Antonio Sala

Depto. Ingeniería de Sistemas y Automática
Universitat Politècnica de València

Video-presentación disponible en:

<http://personales.upv.es/asala/YT/V/obs.html>



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Motivación y objetivos

Motivación:

- Para poder controlar un proceso debe saberse su "estado interno", pero en algunos casos no se dispone de medidas directas del mismo, sino de salidas contaminadas por ruido.

Objetivos:

- Comprender el significado del problema de estimar el estado de un proceso y los posibles criterios de diseño.

Contenido:

- Planteamiento del problema, concepto de observador, conclusiones.

Introducción y planteamiento del problema

Control centralizado: un único controlador recibe todos los sensores y calcula todos los actuadores.

- **Concepto de estado:** Toda la información sobre el pasado, energía almacenada, etc. relevante para predecir el futuro.

Clasificación según información disponible:

- 1 **Realimentación del estado:** caso ideal, información completa y perfecta [full-information controller].
- 2 **Realimentación de la salida:** medidas parciales/con ruido
 - se debe filtrar el ruido de medida promediando medidas pasadas [observador] para **estimar el estado interno**.
- 3 **Control robusto:** Además de sensores imperfectos, el modelo tiene errores.



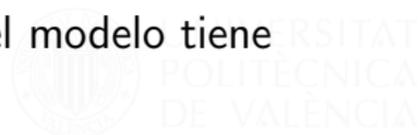
Introducción y planteamiento del problema

Control centralizado: un único controlador recibe todos los sensores y calcula todos los actuadores.

- **Concepto de estado:** Toda la información sobre el pasado, energía almacenada, etc. relevante para predecir el futuro.

Clasificación según información disponible:

- 1 **Realimentación del estado:** caso ideal, información completa y perfecta [full-information controller].
- 2 **Realimentación de la salida:** medidas parciales/con ruido
 - se debe filtrar el ruido de medida promediando medidas pasadas [observador] para **estimar el estado interno**.
- 3 **Control robusto:** Además de sensores imperfectos, el modelo tiene errores.



Motivación

Sea un sistema lineal $\dot{x} = Ax + Bu$, (o discreto $x_{t+1} = Ax_t + Bu_t$), dotado de unos **sensores** $y = Cx + Du$.

- **Sistema "ideal" 1:** Con modelo conocido "perfecto" y "u" conocida, los sensores son "innecesarios" (podría **simular** la ecuación de estado para **predecir el futuro** con sólo saber las c.iniciales en un instante, llamémosle $x(0)$).
- **Sistema "ideal" 2:** Con n o más sensores "perfectos" y "u" conocida, el **modelo es "innecesario"**, estimo $x = pinv(C) * (y - Du)$, **sin necesitar medidas pasadas**.

En la realidad, tanto sensores (medidas presentes) como modelo (para promediar meiddas pasadas son necesarias)...



Necesidad de estimar el estado

Sistema "real": Existen ruidos de proceso $w(t)$, y medida $v(t)$. Las condiciones iniciales $x(0)$ no son conocidas con precisión; el proceso podría ser inestable (los errores se amplifican con el tiempo), el modelo tiene errores. Modelo ejemplo (continuo/discreto):

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu + Gw \\ y &= Cx + Du + v\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{t+1} &= Ax_t + Bu_t + Gw_t \\ y_t &= Cx_t + Du_t + v_t\end{aligned}$$

*En la mayoría de casos, los ruidos se suponen ruido blanco aleatorio de media cero

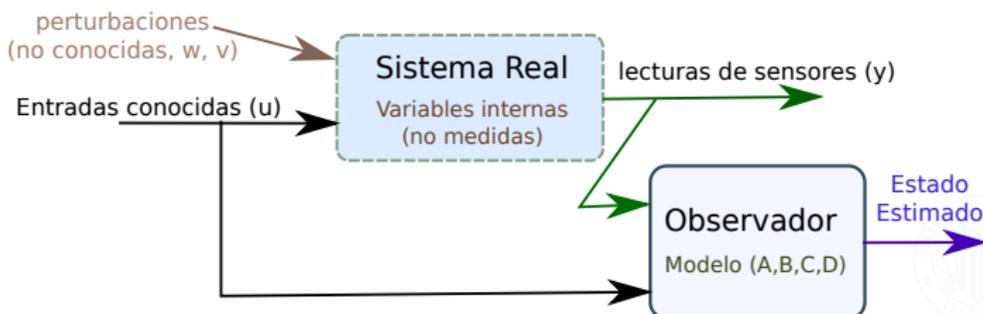
- si no fuera media cero, se incluiría en el P.F. linealización; si fuera ruido coloreado, la FdT que causa su espectro en frecuencia se incluiría (en repr. interna) en el modelo lineal anterior.

*Por simplicidad, no se considerará error de modelado/descalibración (que introduce componentes adicionales en w y v).

Concepto de observador

El estado interno " $x(t)$ " es inaccesible. Sólo se conoce $(u(t), y(t))$. Se desea estimar qué pasa en el proceso (valor aproximado de x) para poder predecir trayectorias futuras o llevarlo a un punto de funcionamiento (control).

Observador: Sistema dinámico al que le entran $(u(t), y(t))$ y calcula una salida $\hat{x}(t)$ de modo que el **error de observación** $e := \hat{x} - x$ es "pequeño".



Criterios de diseño de observadores

- 1 **Asignación de polos:** Suponiendo ruidos igual a cero y sin error de modelado, hacer que $e = x - \hat{x}$ tienda a cero con alguna tasa de decaimiento exponencial (cont.)/geométrica (discr.), si $e(0) \neq 0$.
- 2 **Mínima varianza:** óptimo estadístico ante ruidos blancos w, v (filtro de Kalman).
- 3 **Otros:** pesar más los errores a ciertas frecuencias o en ciertas variables, suponer errores de modelado, criterios \mathcal{H}_∞ , incorporar no-linealidades, muestreo irregular, etc.

Conclusiones

- El "estado" de un sistema dinámico, x , es la información que permite predecir el futuro.
- Dicha predicción se haría simulando un "modelo" $x_{k+1} = f(x_k)$ a partir de una condición inicial $x(0)$.
- Los "sensores" $y = h(x)$ me facilitan sólo "parte" de dicha información.
- En un proceso real tanto "modelo" como "sensores" son aproximados (ruidos de proceso/medida, errores en parámetros del modelo, ...).
- El objetivo de un "observador" es calcular una trayectoria de un "estado" estimado \hat{x} que sea aproximadamente "compatible" con el modelo $\hat{x}_{k+1} \approx f(\hat{x}_k)$ y los sensores $y_k \approx h(\hat{x}_k)$. Existen distintos criterios sobre qué significa " \approx ".