

# Control con muestreo no convencional: introducción y planteamiento del problema

Antonio Sala

Notas sobre control de sistemas complejos

DISA – Universitat Politècnica de València

Video-presentación disponible en:

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

# Introducción

## Motivación:

En control multivariable, en red, descentralizado, puede haber elementos operando a distinta frecuencia de muestreo que otros.

## Objetivos:

Plantear las situaciones prácticas donde puede aparecer un patrón de muestreo no convencional.

## Contenidos:

Motivación, tipos de problema teórico y de soluciones asociadas. Conclusiones.

# Motivación

- Muchas aplicaciones permiten disminuir  $T$  a voluntad, suficientemente pequeño.
- Pero en otras existen limitaciones:
  - Control “local”, sensores en red (cableada o inalámbrica) con una cierta latencia/ancho de banda.
  - Controlador y actuación en red.
  - Control en cascada, a diferentes períodos.
  - Sensores de “opacidad” (control indirecto cada  $T = 2$  s), sensor electroquímico que produce una medida cada  $T = 30$  s). Encoder leído cada 5 ms, cámara de visión que produce un frame cada 70 ms.
  - Evento cada vez que un objeto pasa por sensores de posición espaciados 10 cm.
- ▶ Esto da lugar a escenarios de muestreo “*no convencional*”.
- ▶ Si proceso es “lento” y latencia de la red pequeña, no suele ser un problema (p. ej., interactúan PIDs en cascada a diferente período de forma “transparente”, se creen

“continuos”).

## Muestreo periódico multifrecuencia

- Cada variable (entrada/salida) tiene un período de muestreo (posiblemente diferente a otras) regular:  $T_{y1} = 0.1$ ,  $T_{y2} = 0.35$ ,  $T_u = 0.05$ .
- Se saben los instantes futuros de actuación y medida en cada variable, existe un patrón que se repite (existe máximo común divisor de los períodos).

### Soluciones asociadas:

- Ampliamente estudiado. Soluciones tanto en representación entrada-salida (FdT) como en representación interna.
  - Las soluciones en **FdT** requieren “decimadores”, “retenedores”, etc. y son relativamente complejas. El diseño de reguladores en multivariable via FdT es también complicado (lo es ya con muestreo “convencional”).
  - En **repr. interna**, el control óptimo LQR y el filtro de Kalman se pueden adaptar con facilidad a multifrecuencia. También en algunos casos la asignación de polos.

## Muestreo no periódico (aleatorio/por eventos/...)

- Pérdidas de paquetes y saturación en la red, variaciones en tiempo de cómputo (multitarea) hacen que no sea posible predecir con precisión los instantes futuros de actuación/medida.
- Control basado en eventos (paso por umbrales/detectores).

### Dos escenarios:

- Datos con “sello de tiempo” (timestamp): se sabe **a posteriori** el momento de medida o actuación.
- Datos sin “sello de tiempo”, al procesarse un dato no se sabe exactamente en qué tiempo se obtuvo, o en qué tiempo se aplicará la acción de control que se va a calcular.

### Soluciones asociadas:

- Requieren consideraciones de **control robusto**, **estadística** y sistemas **variantes en el tiempo**, **más complejas** que el caso periódico.

# Conclusiones

- El **muestreo no convencional** (multifrecuencia, aleatorio, eventos) **no** suele ser usado para control **local** (sensores, controlador, actuador directamente conectados).
- En escenarios multivariables descentralizados (múltiples elementos de control), suele aparecer dicha situación.
  - Si la red tiene ancho de banda suficiente, poca latencia, y los procesos son lentos (los procesos rápidos con control local en cascada), **no plantea problemas graves de “control”** (únicamente a nivel “informática industrial”: sincronización y comunicación entre equipos heterogéneos, gestión de red)
- Existen soluciones teóricas si existe un patrón de muestreo regular que se repite indefinidamente (control **multifrecuencia**).
- Si el patrón es irregular/aleatorio/eventos o existe **retardo** de red (en muchos casos variable), entonces el problema reviste más **complejidad**.