IDENTIFICACIÓN Y CONTROL ADAPTABLE

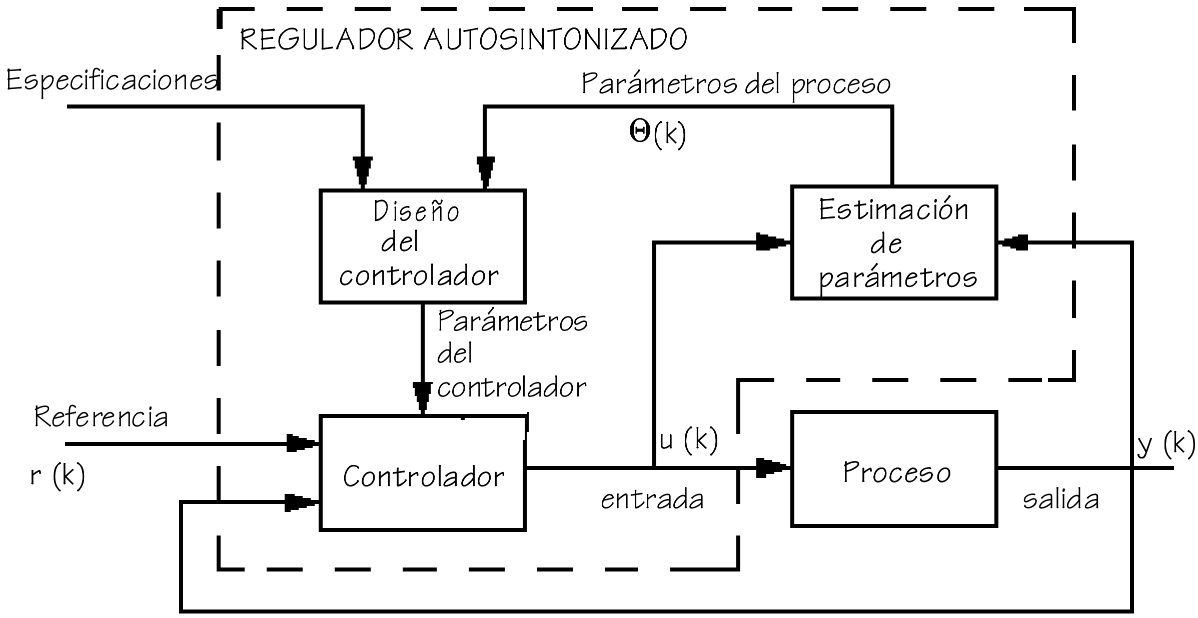
PRÁCTICO 3 CURSO: 2004

CONTROL ADAPTABLE AUTOSINTONIZADO

Dr. Ing. Fernando di Sciascio

Introducción

El esquema general de un controlador adaptable autosintonizado es el siguiente:



El objetivo de la primera parte de la práctica es diseñar un controlador adaptable autosintonizado para controlar una planta (o proceso) desconocida sin considerar perturbaciones estocásticas. El controlador adaptable final se alcanza diseñando y probando en forma independiente las distintas partes del controlador. Los pasos son los siguientes:

1- Se identificará fuera de línea un modelo ARX_{n_A,n_B,n_k} del proceso mediante el toolbox de identificación de Matlab. Este paso se hace realiza para estimar el grado de los polinomios $A(q)$ y $B(q)$ de la función de transferencia del proceso n_A y n_B respectivamente y el retardo n_k. Para obtener los parámetros que consideraremos los verdaderos de la planta.

2- Se verifica el funcionamiento de la identificación recursiva en línea desarrollada en la práctica anterior. El orden de $A(q)$ y $B(q)$ y el retardo se determina del punto anterior y los parámetros deben converger a los hallados anteriormente).

3- Se diseña y verifica un controlador fijo (no adaptable) mediante el método de asignación de polos a lazo cerrado.

4- Finalmente se diseña y verifica a partir del trabajo anterior un controlador adaptable autosintonizado.

En la segunda parte de la práctica se le adiciona al proceso una perturbación estocástica y se modela el proceso con un modelo ARMAX. En esta parte se utiliza la estructura de identificación recursiva para un modelo ARMAX desarrollada en la práctica anterior. Luego se diseña un controlador de mínima varianza y se construye el controlador adaptable.

Parte I

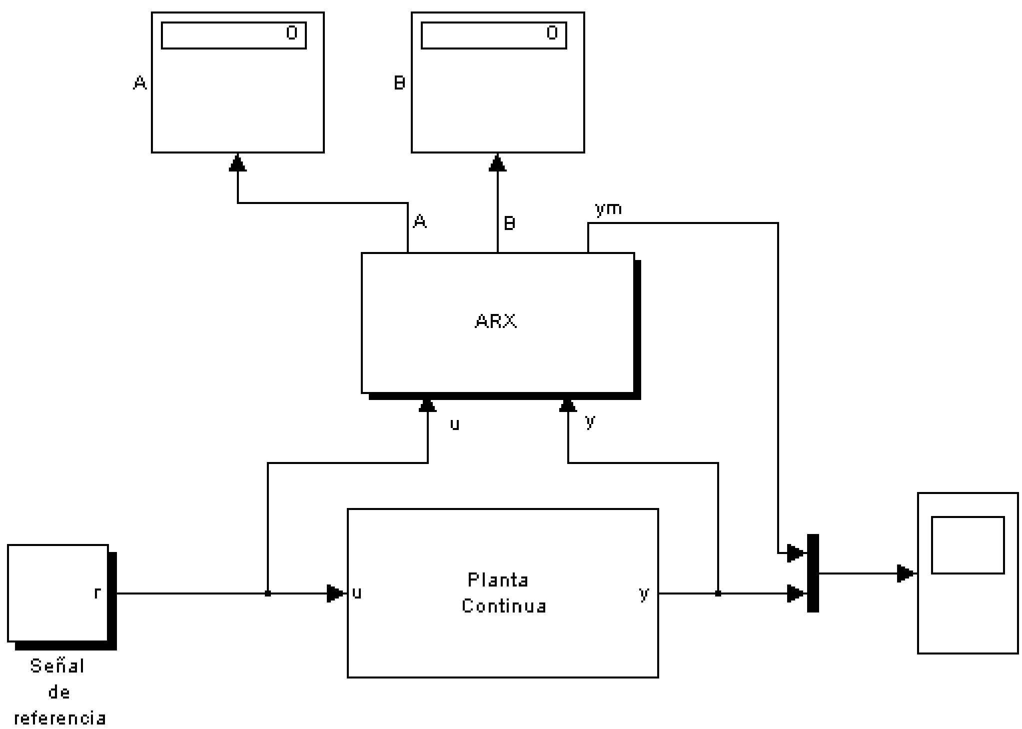
En lo que sigue se describen los pasos lógicos para el diseño e implementación de un control adaptable en una planta continua desconocida. Para facilitar el proceso de aprendizaje e ir ganando experiencia con la metodología se sugiere ir siguiendo los pasos de diseño con una planta discreta conocida, por ejemplo, en el apéndice se sugiere una de referencia.

a) Dada la planta lineal continua desconocida cuya función de transferencia es $G(s)$ (por ejemplo, un bloque Simulink que invoca una S-function como en la práctica 1 o una planta real continua que deseamos controlar con un autosintonizado)

a1) Modelar la planta mediante un modelo ARX e identificarla fuera de línea con el Toolbox de Identificación. Este paso permite (tras una adecuada elección del período de muestreo ts) obtener un modelo discreto

$$\hat{G}(q) = \frac{B(q)}{A(q)}$$

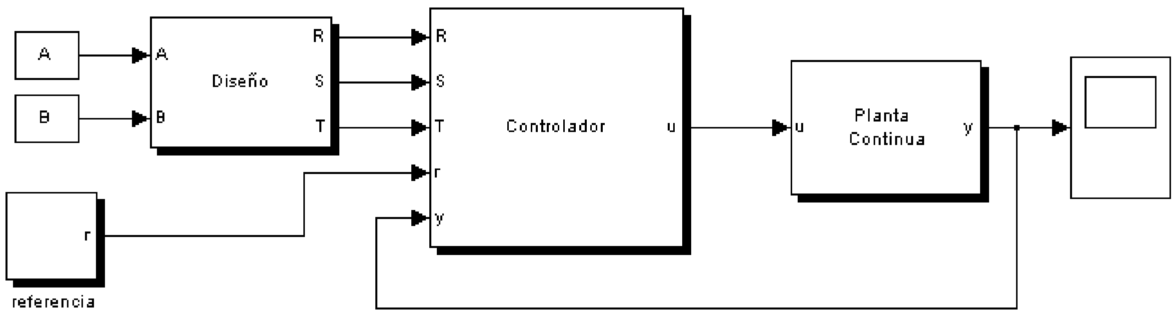
a2) Estimado ya en el paso anterior los polinomios $A(q)$ y $B(q)$ (en consecuencia se conoce los órdenes de esos polinomios) identificar en línea mediante el bloque Simulink ARX desarrollado en la práctica de identificación recursiva, adoptando el mismo período de muestreo ts del modelo hallado en el punto anterior.



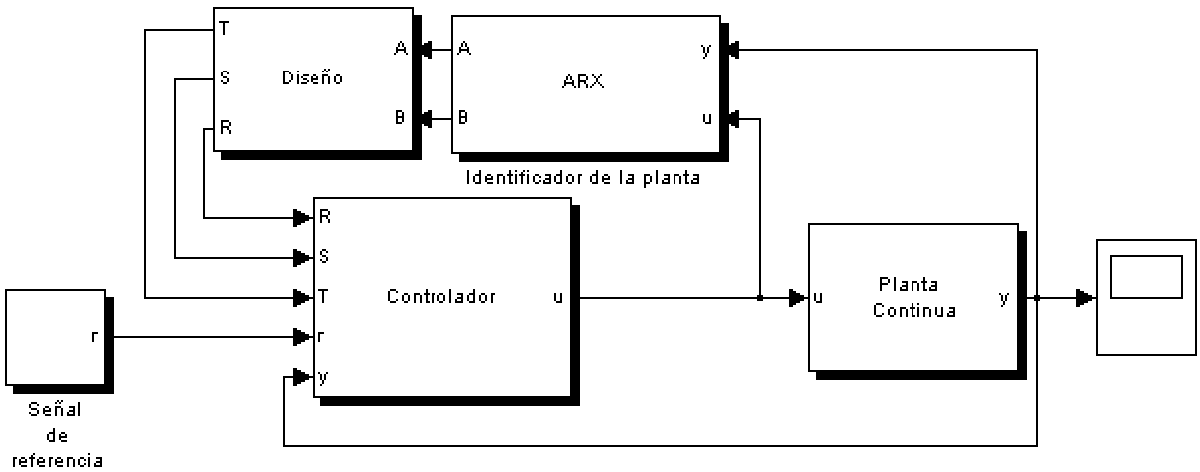
a3) Graficar para distintas señales de excitación $u(t)$ los parámetros identificados en el punto a2 y verificar que convergen a los parámetros obtenidos fuera de línea en el punto a1. Verificar que cuando la señal de excitación no es persistentemente excitante, los parámetros no convergen a los "verdaderos" (llamamos verdaderos a los encontrados en el punto a1).

Recordar que una señal es persistentemente excitante cuando posee un gran contenido armónico (ancho de banda grande). Por supuesto esto es relativo a cada sistema que se desea identificar, por ejemplo, una señal puede ser persistentemente excitante para un sistema de orden n y no para otro de orden $n+1$.

b) Diseñar con Simulink un controlador fijo de asignación de polos para la planta continua $G(s)$ utilizando la información de la planta estimada $\hat{G}(q)$.



c) Diseñar un regulador adaptable autosintonizado empleando como bloques constructivos el identificador en línea de la parte a) y el controlador de la parte b).



Considérese lo siguiente, si los parámetros de la planta permanecen fijos y los mismos ya han sido identificados y con esos parámetros el bloque de diseño del controlador ya ha determinado los parámetros del controlador (esto se conoce como principio de equivalencia cierta, esto es, se asume los parámetros suministrados por el identificador como los parámetros verdaderos de la planta), entonces el comportamiento del sistema será idéntico al del sistema con el controlador, esto es, si la planta no cambia no se puede observar la ventaja de un controlador adaptable sobre un controlador fijo. La idea es que en el análisis que se pide a continuación, se modifiquen los parámetros de la planta, (no necesariamente todos al mismo tiempo), por ejemplo, se puede variar en el tiempo un parámetro del

polinomio denominador $A(q)$ (esto significa que la posición de los polos cambia) o numerador $B(q)$ (cambia la posición de los ceros).
Si a_j es uno de los coeficientes (fijo) del polinomio $A(q)$ se puede experimentar transformándolo en un parámetro variable en el tiempo de la siguiente manera:

$$a_j(t) = ao_j \pm \Delta$$

a_j cambia a partir de un determinado tiempo (el parámetro varía como un escalón) o

$$a_j(t) = ao_j \pm \Delta\ Sin(\omega t)$$

el parámetro varía en forma sinusoidal en forma lenta $T = \dfrac{2\pi}{\omega} << \tau$, donde τ es el tiempo que necesita el identificador para seguir la variación del parámetro). Los controladores adaptables autosintonizados funcionan bien cuando los parámetros varían en forma de escalón y permanecen fijos durante un tiempo grande (mayor o igual que τ) o cuando varían lentamente[1].

d) Partiendo de una condición estacionaria, tras una perturbación (cambio de parámetros de la planta), analizar el comportamiento del controlador. Emplee distintas señales de excitación y distintos niveles de ruido, graficar las distintas señales del sistema,

Analizar el comportamiento del sistema ante distintas clases de variaciones en los parámetros de la planta (si se tiene problemas de identificabilidad (a causa de entradas de excitación inadecuadas) adicionar a la entrada de la planta un poco de ruido blanco también puede intentarse adicionando ruido a la referencia (típicamente del orden del 1% de la amplitud de la señal de referencia).

Parte II

En lo que sigue se desea controlar una planta que posee una estructura ARMAX, esto es se le adiciona al modelo determinístico de la parte I una perturbación estocástica. En un modelo ARMAX el modelo de perturbación es:

$$H(q) = \frac{C(q)}{A(q)}$$

y el modelo ARMAX completo es:

$$y(t) = G(q)\,u(t) + H(q)\,e(t) \qquad \text{o} \qquad A(q)\,y(t) = B(q)\,u(t) + C(q)\,e(t)$$

Se asume que la varianza de $e(t)$ es igual a 1 ($\sigma_e^2 = E\,e(t)^2 \approx \dfrac{1}{N}\sum_{t=1}^{N} e(t)^2 \approx 1$).

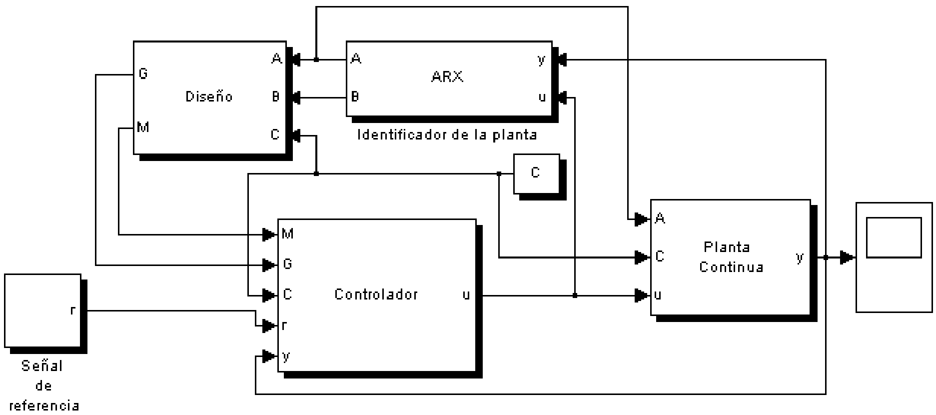
Se pide:

1- En el controlador adaptable diseñado en la primera parte, se debe cambiar el bloque de la planta continua por el nuevo bloque que incluye la parte estocástica y analizar el comportamiento.

[1] Siempre y cuando λ el factor de olvido del algoritmo RARX sea menor que 1. Si $\lambda = 1$ al algoritmo le cuesta mucho reidentificar la planta ya que no “olvida” los parámetros viejos.

2- Identificar en línea los polinomios $A(q)$, $B(q)$ y $C(q)$ de manera similar a la parte I de la práctica con el identificador ARMAX desarrollado en la práctica anterior.

3- Se debe cambiar el diseño del controlador por uno de mínima varianza generalizado y repetir el análisis.



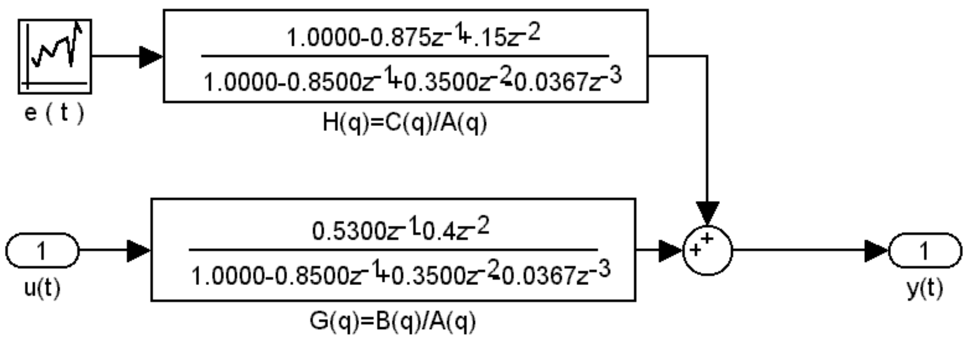
Ojo, en la figura el identificador es ARMAX y no ARX.

Apéndice

Se puede emplear la siguiente planta de referencia para verificar que las etapas del diseño se realizan correctamente

$\mu = 0$ (valor medio)

$\sigma^2 = 10^{-3}$ (varianza)



En MATLAB la planta se genera con los siguientes comandos:

```
>> A=[1  -0.85   0.35  -0.0367];
>> B=[0  0.53  -0.4];
>> C=[1  -0.875    0.15];
 >> ts=.1; g=filt({B , C}, {A , A},ts)

Transfer function from input 1 to output:
        0.53 z^-1 - 0.4 z^-2
-----------------------------------------
1 - 0.85 z^-1 + 0.35 z^-2 - 0.0367 z^-3

Transfer function from input 2 to output:
     1 - 0.875 z^-1 + 0.15 z^-2
-----------------------------------------
1 - 0.85 z^-1 + 0.35 z^-2 - 0.0367 z^-3

Sampling time: 0.1

>> size(g)
Transfer function with 1 output and 2 inputs.

>> pole(g)

ans =  0.3502 + 0.3501i
          0.3502 - 0.3501i
          0.1497
```

Observación: g={ g(1) , g(2)}, g(1) es $G(q)$ y g(2) es $H(q)$, con pzmap(g(1)) y pzmap(g(2)) se observan los polos y ceros de $G(q)$ y $H(q)$