

Control Planta Generalizada: Ponderación de variables

Antonio Sala

Universitat Politècnica de València

Presentación en vídeo en:
<http://personales.upv.es/asala/YT/V/pgpo.html>

Introducción

Motivación:

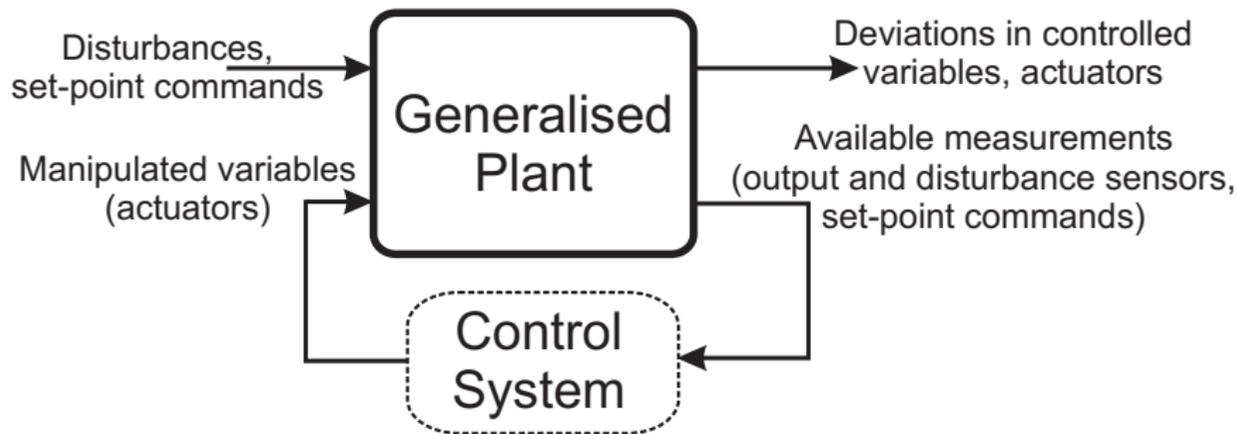
Muchos problemas de control son casos particulares del problema de “planta generalizada”, que se resuelve con control óptimo \mathcal{H}_2 o \mathcal{H}_∞ . Necesarias ponderaciones para que tenga significado en ingeniería de control.

Objetivos:

Comprender qué forma deben tener los pesos de las diferentes entradas y salidas de la planta generalizada para plantear correctamente problemas de control óptimo.

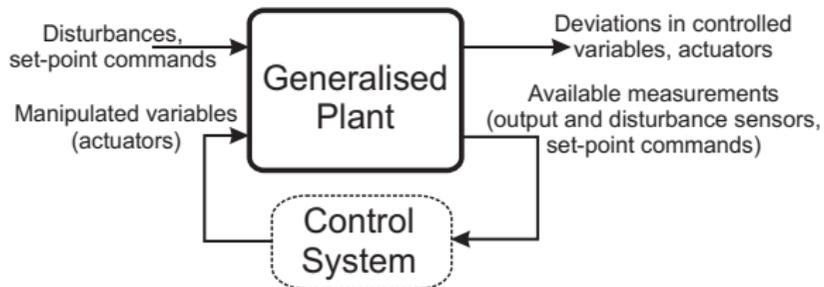
Contenido: Revisión del diagrama de bloques; ideas básicas; ponderación de variables controladas, perturbaciones, referencias, actuadores. Planta generalizada ponderada. Conclusiones.

Revisión diagrama de bloques planta generalizada



- Un **único diagrama de bloques** representa **muchos tipos diferentes de problemas de control**.
- Un único marco de control para **teóricos** / desarrolladores de **software**.

Idea básica



- Las **amplitudes** de cada **perturbación** (proceso, medida) y las **amplitudes** de los **errores deseados** no son siempre iguales, ni las **amplitudes disponibles** para cada **actuador**.
- Es necesaria una ponderación (**escalado**, adimensionalizado), tanto **estática** (amplitudes, valores finales, cambios de unidades) como **dinámica** (diferente rapidez de señales).

Ponderación de errores en variables controladas

- No todas las variables de salida tienen los mismos **objetivos de control**.
 - Requerimientos **estáticos**:
 - Temperatura sala A, error $< 1^{\circ}\text{C}$;
 - Pasillos, error $< 3^{\circ}\text{C}$.
 - Requerimientos **dinámicos**:
 - Temperatura sala A, error 25% del inicial en 7 minutos.;
 - Pasillos, error 50% del inicial en 14 minutos.
- No todas las variables tienen las mismas **unidades físicas**
 - Cómo comparar salida 1 en rpm, salida 2 en m^3/s ?

Ponderación de perturbaciones

Las perturbaciones son señales *arbitrarias*. Se puede “ajustar” mejor el resultado del control si se suponen determinadas condiciones **a priori**:

- No todas las perturbaciones tienen tamaño 1 a todas las **frecuencias** (ruido blanco impredecible)
 - La temperatura exterior no cambia significativamente en menos de 1 hora.
 - A lo largo de un día cambia en un rango de 10 grados.
 - La tensión de alimentación de las bombas de los calefactores puede cambiar con rapidez en un rango de 210 a 230 V.

Nota: El control será **subóptimo** si estas suposiciones no se cumplen en la práctica.

**Si se dispone de un registro de datos de la perturbación, puede identificarse un modelo que genera la serie temporal, ver ejemplo en <http://personales.upv.es/asala/videos/idst.html>*

Ponderación de referencias

Las referencias también son arbitrarias; se puede “ajustar” mejor el control si se incorpora información que:

- No todas las referencias cambian con la misma **amplitud**
- No todas las referencias cambian con la misma **rapidez**
 - r_1 se mantendrá constante durante al menos 30 min y variará entre 19 y 24 °C,
 - r_2 probablemente cambiará cada 15 minutos aproximadamente entre 2 y 9 l/s.

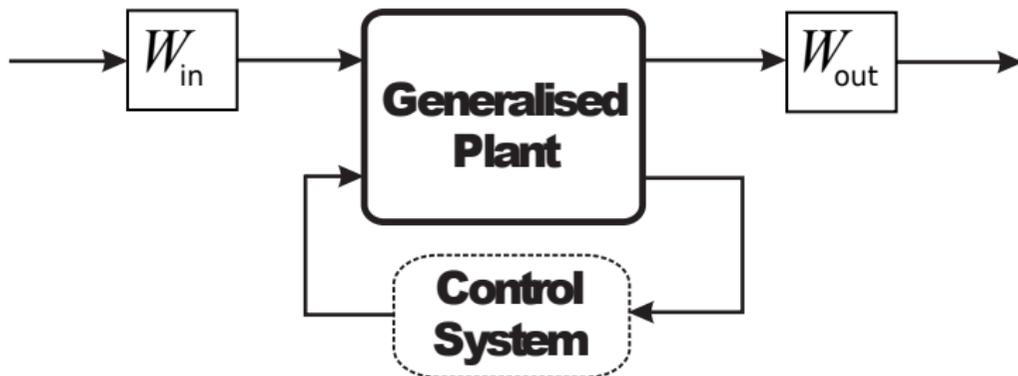
Nota: El control será **subóptimo** si no se cumplen en la práctica. Pero puede **forzarse** a que estas restricciones se cumplan (controladores con límites en rangos y pendientes (rate-saturation) en referencias). **Frecuente** en sistemas complejos (supervisión, prevención de fallos humanos).

Ponderación de actuadores

- Los actuadores físicos tienen unos límites diferentes antes de alcanzar la saturación.
 - Necesaria ponderación **relativa** entre ellos.
- Si reducir determinados errores requiere unas acciones de control excesivamente grandes, parece razonable pretender que los errores no sean tan pequeños.
 - Necesaria ponderación **relativa** entre acciones de control y salidas. Si no, el control lineal óptimo siempre produce reguladores de ganancia infinita.

Planta generalizada ponderada

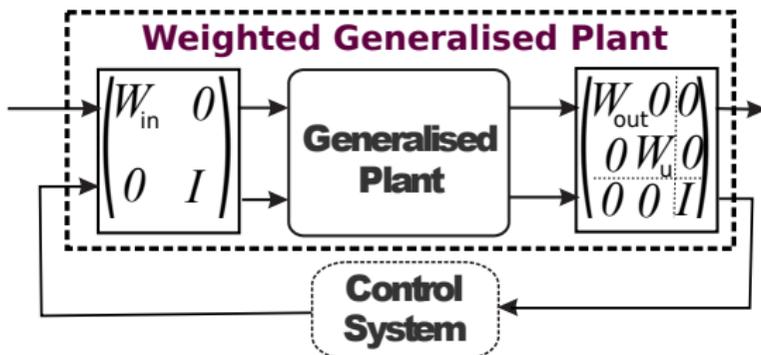
Los **objetivos de control** se pueden expresar mediante dos matrices de ponderación (usualmente **diagonales**) a la entrada y la salida generalizadas:



► Para que el problema esté **bien planteado**, las acciones de control deben añadirse a las salidas a hacer “pequeñas”: $D_{21} \neq 0$.

Resultado final, conclusiones

A las rutinas de control óptimo `h2syn`, `hinfsyn` se les alimenta con el modelo generalizado ponderado dado por:



donde W_{in} es el peso de perturbaciones/referencias, W_{out} son los requerimientos de control de las salidas (errores), y W_u es la ponderación de la acción de control decidida.

Resultado final, conclusiones (2)

Normalmente, pesos ajustados según las siguientes ideas *orientativas*:

- W_{in} diagonal, con:
 - Filtro **paso-bajo** (ancho de banda limitado) a perturbaciones **ruido de proceso**¹.
 - Peso **constante** a **ruido de medida** (ruido blanco)
- W_{out} diagonal con filtro **paso bajo**².
- W_u diagonal **constante** o **paso-alto**, para limitar la acción de control a altas frecuencias (o a todas las frecuencias por cuestiones de saturación).

¹A frecuencias donde el filtro es ≈ 0 la ganancia del controlador óptimo podría ser alta, dado que teóricamente no habría "excitación de entrada". Esto plantea problemas de robustez ante errores de modelado: se limitar con peso ruido de medida o con no bajar a cero la ganancia a alta frecuencia (ejemplo peso: $(s + 10)/(s + 1)$).

²No se desea hacer pequeños los errores a frecuencias altas porque es imposible en la práctica sin saturar actuadores o excitar dinámica no modelada (casi todos los procesos físicos son "paso-bajo").