Modelado de no-linealidad de sector como incertidumbre, diseño de controladores lineales con prestaciones garantizadas ante no-linealidad

Presentación en vídeo en http://personales.upv.es/asala/YT/V/nlfml.html

Tabla de Contenidos

Planteamiento del problema

Un sistema no-lineal tiene un modelo dado por la ecuación de estado no lineal:

$$\frac{dx_1}{dt} = \phi(x_1) + x_2 + d$$

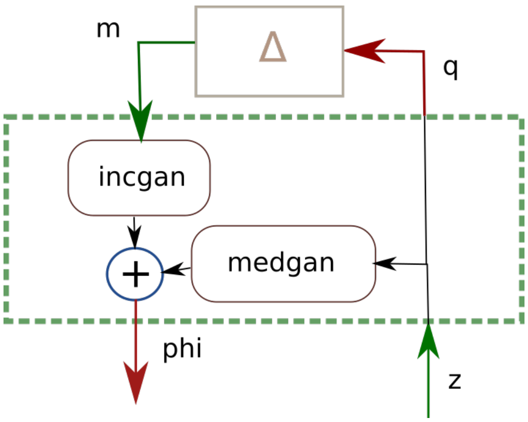
$$\frac{dx_2}{dt} = 2\phi(x_1) - x_1 - 5x_2 + 3u$$

La no-linealidad viene dada por $\phi(x_1) = sin(x_1)$.

La variable manipulada (acción de control) es *u*, siendo *d* una perturbación (entrada exógena) cuyo efecto debe ser cancelado. En concreto, ante una perturbación con un cierto contenido máximo en frecuencia, se desea minimizar la norma ponderada de (y, u) viniendo *y* determinada por la ecuación de salida $y = x_1$.

1. Solución: modelado

Una no-linealidad phi=f(z) de sector (esto es, que verifique $mingan \leq \frac{f(z)}{z} \leq maxgan$) puede expresarse como una "ganancia incierta", que tras escalar/normalizar la "incertidumbre", puede escribirse como este diagrama de bloques, donde $\|\Delta\|_\infty \leq 1$ (entendiendo la expresión como $\|m\|_2 \leq \|q\|_2$):




```
%zona de operación
z=(-pi/2):(.001+1e-6):(pi/2);
phi=sin(z);
mingan=min(phi./z), maxgan=max(phi./z)
```

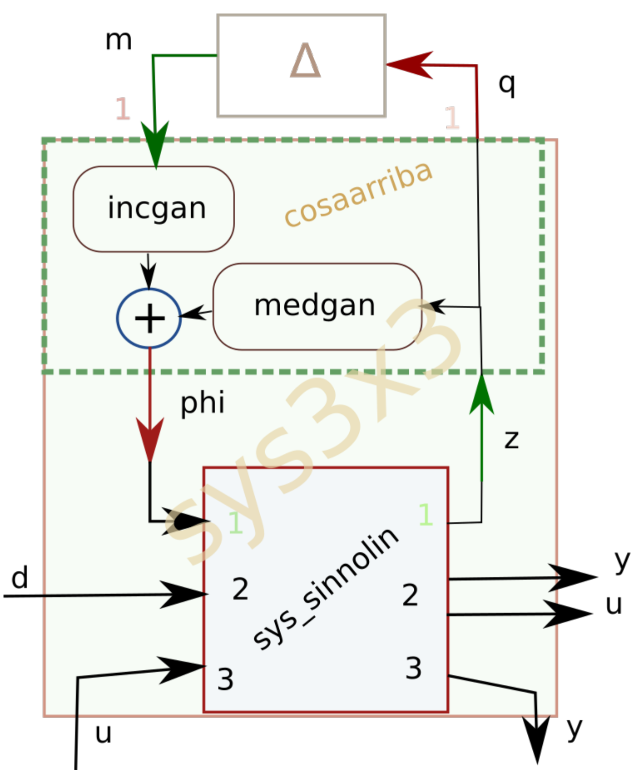
```
mingan = 0.6366
maxgan = 1.0000
```

```
medgan=(mingan+maxgan)/2, incgan=maxgan-medgan
```

```
medgan = 0.8183
incgan = 0.1817
```

```
%matriz de transf. entre entradas (m,z) y salidas (q,phi).
cosaarriba=[0 1;incgan medgan];
```

Integrémoslo todo en una única representación interna (excepto "Delta")



```
A=[0 1;-1 -5];
Cperf=[1 0]; %salidas con objetivos de control
C2=[1 0];%variables medidas

%Efecto de la no-linealidad
%phi=f(z);
Cz=[1 0];

Bgrande=[1 1 0;...
   2 0 3]; %entradas phi,d,u
Cgrande=[Cz;Cperf;0 0;C2];%salidas z,y,u,y
sys_sinnolin=ss(A,Bgrande,Cgrande,[0 0 0;0 0 0;0 0 1;0 0 0]);

sys3x3=lft(cosaarriba,sys_sinnolin,1,1);
sys3x3.OutputName={'q','y','u','ycopia'};
sys3x3.InputName={'m','d','u'};
eig(sys3x3) %con la ganancia "media" es inestable
```

```
ans = 2×1
    0.9257
   -5.1074
```

2. Solución: Diseño de control (tma. pequeña ganancia escalado)

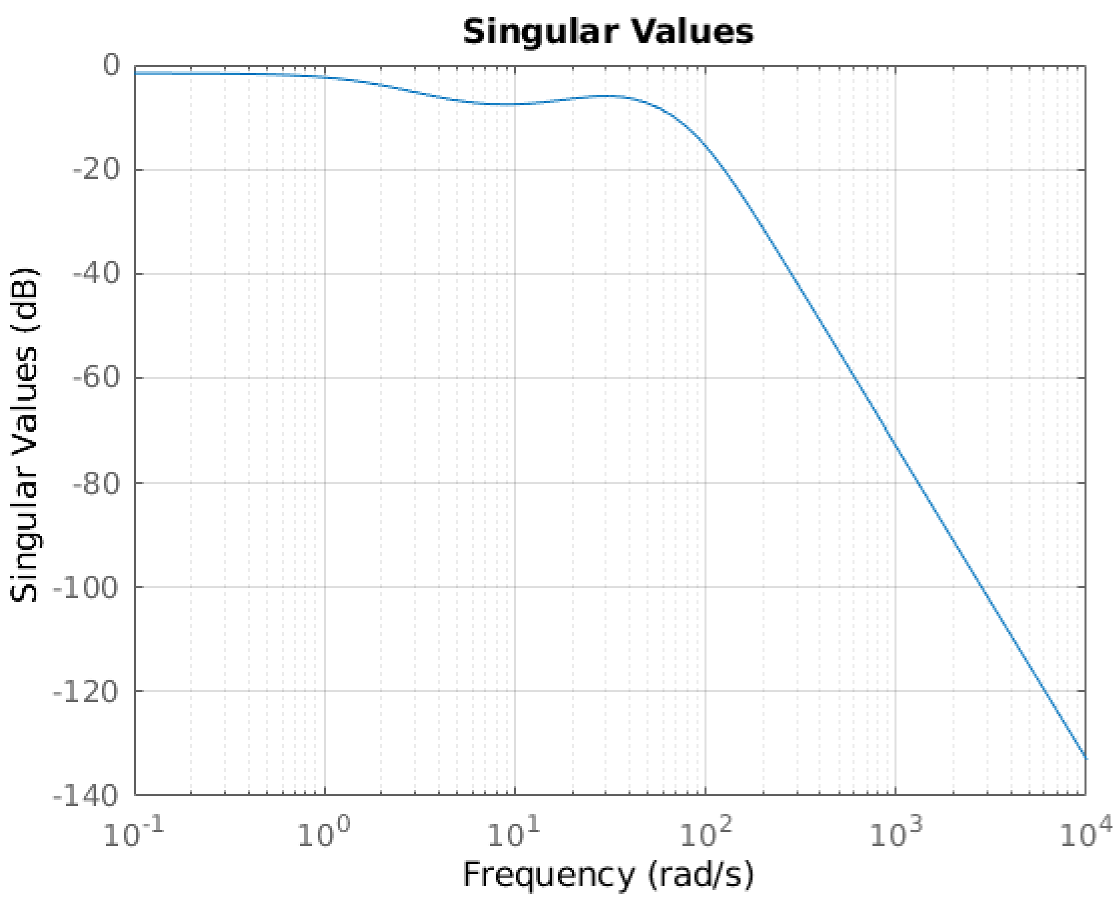
```
s=tf('s');
Wy=100/(s+1);Wu=1;
Wd=1/(s+2);

rangomultiplicador=logspace(-2,2.5,30);
resultado=zeros(size(rangomultiplicador));
for i=1:length(rangomultiplicador)
    multiplicador=rangomultiplicador(i);
    Wout=blkdiag(multiplicador,Wy,Wu,1);
    Win=blkdiag(1/multiplicador,Wd,1);
    GPW=minreal(Wout*sys3x3*Win);
    [K,CL,GAM,INFO]=hinfsyn(GPW,1,1);
    GAM
    resultado(i)=GAM;
end
```

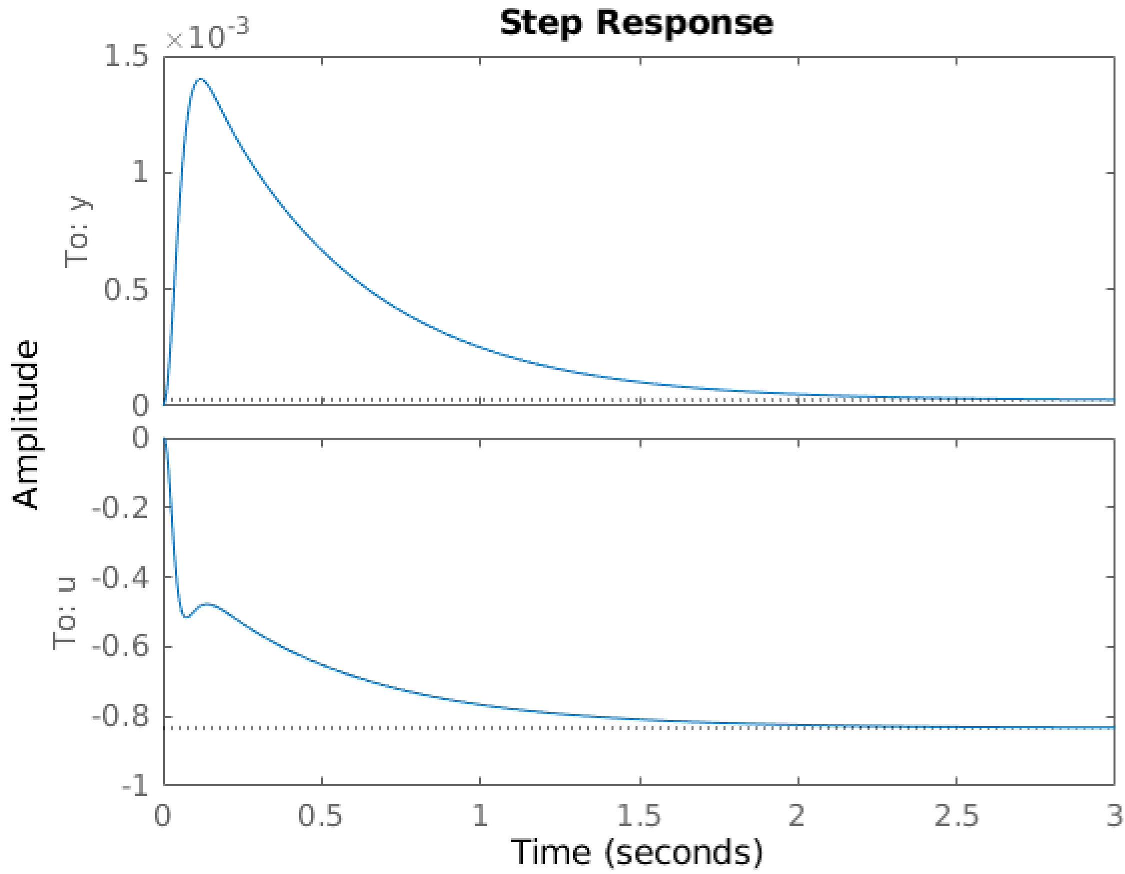
```
GAM = 71.6641
GAM = 50.1406
GAM = 35.0859
GAM = 24.5547
GAM = 17.1953
GAM = 12.0391
GAM = 8.4453
GAM = 5.9123
GAM = 4.1634
GAM = 2.9514
GAM = 2.1079
GAM = 1.5382
GAM = 1.1613
GAM = 0.9305
```

```
GAM = 0.8828
GAM = 0.8594
GAM = 0.8449
GAM = 0.8438
GAM = 0.8372
GAM = 0.8359
GAM = 0.8359
GAM = 0.8359
GAM = 0.8359
GAM = 0.8359
GAM = 0.8359
GAM = 0.8359
GAM = 0.8359
GAM = 0.8359
GAM = 0.8359
GAM = 0.8335
```

```
%simulemos el proceso con la ganancia "media" (delta=0)
syssim=lft(tf(0),lft(sys3x3,K));
sigma(syssim*Wd), grid on
```




```
step(syssim*Wd)
```


Step Response
$\times 10^{-3}$
1.5
1
0.5
0
To: y
Amplitude
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
To: u
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
Time (seconds)