

Progettino n. C – Controllo dei Sistemi Incerti (CSI)

Nave

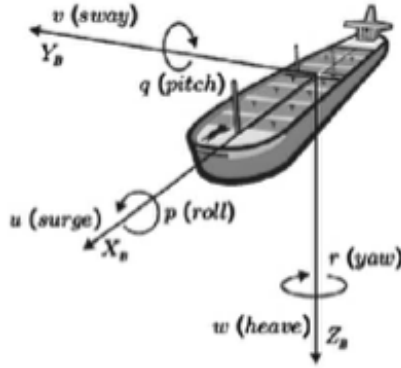


Figura 1: Modello di una nave

Il sistema in figura 1 rappresenta una nave in balia del mare. Il comportamento dinamico della nave è dato dalle equazioni¹

$$\begin{aligned}\dot{x} &= u \cos \psi - v \sin \psi \\ \dot{y} &= u \sin \psi + v \cos \psi \\ \dot{\psi} &= r \\ \dot{u} &= \frac{m_{22}}{m_{11}} v r - \frac{d_{11}}{m_{11}} u + \frac{1}{m_{11}} \tau_u \\ \dot{v} &= -\frac{m_{11}}{m_{22}} u r - \frac{d_{22}}{m_{22}} v \\ \dot{r} &= \frac{m_{11} - m_{22}}{m_{33}} u v - \frac{d_{33}}{m_{33}} r + \frac{1}{m_{33}} \tau_r,\end{aligned}$$

dove x e y sono le coordinate del centro di massa della nave espresse in un sistema di riferimento fisso, ψ è l'angolo di direzione della nave, e u , v e r sono rispettivamente la velocità di scivolamento longitudinale (surge), la velocità di scivolamento laterale (sway) e la velocità angolare di imbardata (yaw rate). Le variabili di controllo sono τ_u e τ_r . I parametri m_{11} , m_{22} e m_{33} sono costanti positive date dalla matrice di inerzia della nave, mentre d_{11} , d_{22} e d_{33} sono costanti positive risultanti dallo smorzamento idrodinamico.

Si assuma inoltre che le funzioni di trasferimento nominali degli attuatori siano ben approssimabili con un modello del primo ordine con ritardo del tipo

$$\bar{G}_{\tau_u} = \frac{\bar{K}_{m_1} e^{-T_1 s}}{\bar{T}_{m_1} s + 1},$$

per la coppia lungo τ_u e uno del secondo ordine del tipo

$$\bar{G}_{\tau_r} = \frac{\bar{K}_{m_2}}{(\bar{T}_{m_2} s + 1)(\bar{T}_{m_2}/100 s + 1)}$$

per la coppia τ_r .

Si considerino poi i dati riportati in tabella per quanto riguarda i valori dei parametri nominali m_{11} , m_{22} , m_{33} , d_{11} , d_{22} e d_{33} . Mentre per quanto riguarda gli altri parametri e corrispondenti incertezze, se ne faccia una scelta arbitraria ragionevole. e si definiscano gli obiettivi di controllo (ad esempio, in $\psi = 0$) e, in maniera ragionevole, i requisiti di prestazione desiderati (e.g., sul tracking, la reiezione di disturbi in uscita o sull'energia di controllo spesa).

Al gruppo di studenti è richiesto di risolvere i seguenti problemi di controllo (se necessario, motivandolo, si facciano le opportune semplificazioni in termini di incertezze, prestazioni etc.):

¹Per ulteriori dettagli si veda https://www.centropiaggio.unipi.it/sites/default/files/course/material/20070419_0.pdf

Parametro	valore nominale	Incertezza 1
m_{11}	19 Kg	$\pm X\%$
m_{22}	35 Kg	$\pm Y\%$
m_{33}	4 Kg	$\pm Z\%$
d_{11}	3 Kg s ⁻¹	$\pm XX\%$
d_{22}	10 Kg s ⁻¹	$\pm YY\%$
d_{33}	1 Kg s ⁻¹	$\pm ZZ\%$
K_{m_1}	XXX m	$\pm XX\%$
K_{m_2}	YYY m	$\pm XX\%$
T_1	ZZZ m	$\pm XX\%$
T_{m_1}	ZZY m	$\pm XX\%$
T_{m_2}	XYZ m	$\pm XX\%$

1. Progettare ed implementare su Matlab/Simulink (sia sul modello linearizzato che su quello nonlineare) un controllo LQG (con e senza integratore), avendo cura di scegliere in maniera ragionevole sia le uscite di misura (ad esempio x ed y) che le matrici di covarianza dei rumori gaussiani che si sommano ai segnali di misura e a quelli di processo.
2. Progettare ed implementare su Matlab/Simulink (sia sul modello linearizzato che su quello nonlineare) un controllore \mathcal{H}_∞ tra quelli visti a lezione (mix-sensitivity \mathcal{H}_∞ e \mathcal{H}_∞ strutturato) e studiarne la robustezza attraverso la “ μ -analysis”;
3. Progettare ed implementare su Matlab/Simulink (sia sul modello linearizzato che su quello nonlineare) un controllore robusto attraverso la “ μ -synthesis” (DK -iteration) e si analizzi la robustezza a posteriori con la “ μ -analysis”;
4. Confrontare i risultati ottenuti nei precedenti punti 2) e 3) in termini di robusta stabilità e prestazione.

Esame: Si scriva una relazione dove si riportano i risultati principali comprensivi di grafici, parti di codice e controllori trovati da inviare al docente prima dell’esame. In sede di esame, il gruppo si organizzi con una presentazione del lavoro svolto della durata di 15 minuti max.