

Prova in Itinere di Controllo Digitale - 16.06.2010

Studente: _____ N. Matricola: _____

In Figura 1 è riportato lo schema di una imbarcazione. Sia ψ l'angolo formato dalla prua con l'asse x di un sistema di riferimento assoluto, e si indichi con $\dot{\psi}$ la velocità di rotazione dell'imbarcazione nel piano xy . Sia v la velocità laterale dell'imbarcazione (ossia, la componente della velocità lungo la direzione ortogonale a quella di prua). La direzione ψ della prua può essere controllata agendo sull'inclinazione δ del timone.

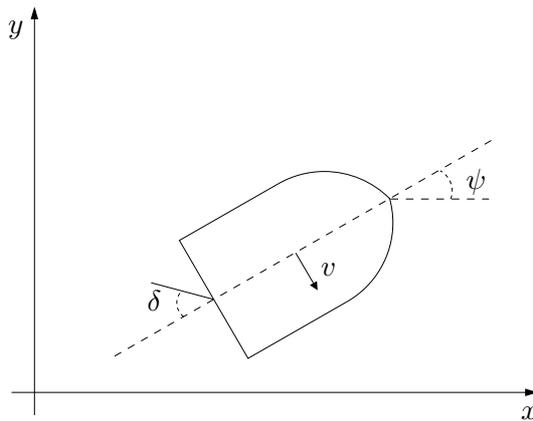


Figura 1: Schema di una imbarcazione

Sotto l'ipotesi di velocità lineare costante (moto rettilineo uniforme), il modello linearizzato della dinamica dell'imbarcazione può essere scritto nella forma

$$\dot{\mathbf{x}} = A\mathbf{x} + B\mathbf{u} \quad (1)$$

$$\mathbf{y} = C\mathbf{x}, \quad (2)$$

dove $\mathbf{x} = (v, \dot{\psi}, \psi)'$, $\mathbf{u} = \delta$, $\mathbf{y} = \psi$ (δ e ψ sono espressi in radianti), e le matrici A , B e C hanno la seguente struttura:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

con:

$$a_{11} = -0.895, \quad a_{12} = -0.286, \quad a_{21} = -4.367, \quad a_{22} = -0.918, \quad b_1 = 0.108, \quad b_2 = -0.918.$$

1. Progettare un sistema di controllo in retroazione dall'uscita \mathbf{y} che soddisfi le seguenti specifiche:
 - a) il sistema di controllo è asintoticamente stabile;
 - b) l'uscita \mathbf{y} insegue con errore asintoticamente nullo segnali di riferimento \mathbf{r} sinusoidali con pulsazione $\omega = 0.5$ rad/s a fronte di disturbi \mathbf{d} costanti che agiscono sull'ingresso \mathbf{u} ;
 - c) nel caso in cui $\mathbf{x}(0) = 0$, $\mathbf{r}(t) = 30^\circ \sin(0.5t)$ e $\mathbf{d}(t) = 0$, $t \geq 0$, l'ingresso \mathbf{u} non eccede 35° in valore assoluto e l'errore di inseguimento si assesta nella fascia $\pm 0.5^\circ$ in al più 20 s.

Suggerimento. Progettare il guadagno in retroazione dallo stato del compensatore dinamico mediante la tecnica LQ, e posizionare gli autovalori della dinamica dell'errore di stima dello stato in maniera opportuna.

2. Verificare il comportamento del sistema di controllo progettato al punto 1 realizzandone uno schema Simulink ed effettuando una simulazione con $\mathbf{x}(0) = 0$, $\mathbf{r}(t) = 30^\circ \sin(0.5t)$, $t \geq 0$, e

$$d(t) = \begin{cases} 2^\circ & \text{se } t \geq 30 \text{ s} \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

della durata complessiva di 50 s.

3. Ottenere una implementazione digitale del controllore analogico progettato al punto 1. Si scelga un metodo di discretizzazione opportuno ed il massimo tempo di campionamento T che consente di preservare il soddisfacimento delle specifiche riportate al punto 1.
4. Confrontare e commentare le prestazioni del sistema di controllo nei casi in cui si usi il controllore analogico progettato al punto 1 o la sua versione digitale ricavata al punto 3. A tale scopo si modifichi opportunamente lo schema Simulink realizzato al punto 2 in modo da confrontare il segnale di uscita, l'errore di inseguimento e il segnale di ingresso, nei due casi.
5. Utilizzando il tempo di campionamento T scelto al punto 3, ricavare un modello discretizzato del sistema (1)-(2).
 - a) Progettare un sistema di controllo a tempo discreto in modo da soddisfare le specifiche ai punti 1.a e 1.b nel tempo discreto.
 - b) Progettando il guadagno in retroazione dallo stato del compensatore dinamico mediante la tecnica LQ, si riesce a soddisfare anche la specifica al punto 1.c agendo opportunamente sulle matrici di peso Q e R ? Che differenze si notano rispetto al caso tempo-continuo? A tal fine, si simuli il sistema di controllo a dati campionati formato dal controllore tempo-discreto progettato e dal sistema controllato tempo-continuo.

Modalità di consegna dell'elaborato

Al termine della prova, dovrà essere consegnato un *foglio protocollo* in cui si illustrano e commentano le scelte progettuali effettuate, i procedimenti seguiti, i confronti tra diverse soluzioni. Dovranno inoltre essere copiati nella cartella `\\Sunto\Esami\ConDig` i seguenti file:

- file `nome_cognome_1.m` relativo ai punti 1 e 3 (progetto del controllore analogico e sua digitalizzazione);
- file `nome_cognome_sim_1.mdl` relativo ai punti 2 e 4 (simulazione e confronto dei sistemi di controllo con controllore analogico e sua digitalizzazione);
- file `nome_cognome_2.m` relativo al punto 5 (progetto del controllore tempo-discreto);
- file `nome_cognome_sim_2.mdl` relativo al punto 5 (simulazione del sistema di controllo a dati campionati).

Attenzione! Durante lo svolgimento della prova, salvare i file in locale, e soltanto al termine copiarli nella cartella specificata, in quanto il sistema impedisce la sovrascrittura.