TP n°2

Commande prédictive à un pas d'un robot de prospection

L'objectif est de réaliser un asservissement d'un système appelé ***Robot de prospection*** à partir d'une approche de type ***commande prédictive à un pas***.

Le système est décrit dans le texte de TD « Télécommande prédictive d'un robot de prospection ». Il s'agit d'un robot piloté à distance à l'aide d'un joystick qui doit permettre de guider la trajectoire du robot sur le site (la lune) où il est situé. Le manipulateur fournit donc des consignes en position qui sont comparées à la position actuelle du robot. Cette information est obtenue par transmission radio des données du capteur de position. Bien entendu, les informations subissent un retard de transmission dans les deux sens (mesure et envoi).

Paramètres du système

- Le temps de transmission des données est estimé à 1.28s et le temps de calcul de la commande à 5ms.
- La fonction de transfert du robot manipulateur **sur le site** est donnée par $G(p) = \dfrac{1}{1+1.5p}$
- La trajectoire du robot est perturbée par des imperfections du sol qui peuvent être approximées par signaux de type échelon d'amplitudes et d'instants d'occurrence aléatoires.

On demande de réaliser un asservissement numérique de ce système sous Matlab / Simulink en utilisant un système de commande prédictive à un pas. Le cahier des charges est le suivant :

- Assurer la stabilité du système de commande
- Assurer des marges de robustesse satisfaisantes en l'occurrence
  - MM > - 6dB
  - MR > Te
- Assurer le suivi de consigne de type échelon sans erreur statique en présence des effets perturbatoires.
- Assurer le suivi de consigne avec un dépassement inférieur à 5%.
- Le temps de réponse du système sera ajusté de manière à optimiser la rapidité du système tout en respectant les précédents points du cahier des charges.
- Une énergie de commande « raisonnable »

Synthèse du système de commande

On utilisera les notations du cours à savoir la forme suivante pour la fonction de transfert échantillonnée – bloquée du système à commander

$$G(z^{-1}) = z^{-d-1}\frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})}$$

Afin de résoudre le problème de commande proposé, on propose de suivre la démarche suivante :

1 - Définir les variables A, B et d qui représentent respectivement $A(z^{-1})$, $B(z^{-1})$et le retard d. Définir la valeur de la période d'échantillonnage Te.

2 – Complétez le programme précédent afin de déterminer les paramètres d'un prédicteur à (d+1) pas du système de fonction de transfert $G(z^{-1})$. On pourra choisir dans un premier temps $C(z^{-1})=1$

3 – Utilisez le schéma Simulink duTP précédent (prédiction linéaire) de manière à tester la prédiction à (d+1) pas sur le système $G(z^{-1})$. Vérifier les performances du prédicteur en présence :

- d'une entrée u(t) de type échelon et sans perturbation
- d'une entrée u(t) de type sinusoïdale et sans perturbation
- d'une entrée u(t) de type sinusoïdale avec perturbation échelon (l'instant d'occurrence de la perturbation sera choisi en milieu de simulation)

4- La pondération qui apparaît dans le critère $\frac{W(z^{-1})}{H(z^{-1})}=\frac{D(z^{-1})G(z^{-1})}{H(z^{-1})}$ doit stabiliser le système non retardé d'après l'équation de Bezout suivante (*voir cours – One Step ahead Predictive Control with input frequency weighting*)

$$A(z^{-1})D(z^{-1})G(z^{-1})+B(z^{-1})H(z^{-1})=P_f(z^{-1})$$

Calculer les polynômes à l'aide **d'une technique de type placement de pôles**. Pour rappel, le polynôme caractéristique de la boucle fermée est donné par $P_c(z^{-1})=P_f(z^{-1})C(z^{-1})$. **On pourra choisir comme dynamique de régulation une dynamique dominante du second ordre de pulsation naturelle égale à la pulsation de coupure du système à commander. Les modes auxiliaires seront dix fois plus rapides**

6 – Complétez le programme de manière à déterminer les polynômes $R(z^{-1})$, $S(z^{-1})$ et $T(z^{-1})$ de la forme standard du correcteur linéaire équivalent

7 – Complétez le programme de manière à créer les fonctions de transfert reliant

- la sortie y(t) à la consigne y*(t)
- la sortie à une perturbation v(t) **de sortie**
- la commande au bruit de mesure

Afficher les diagrammes de Bode de ces deux fonctions de transfert.

Que pensez-vous de la spécification du cahier des charges concernant le rejet de perturbations ?
Que pensez-vous de la spécification du cahier des charges concernant le suivi de consigne échelon ?

Afficher les pôles et zéros de la seconde fonction de transfert.
Que pensez-vous de la spécification du cahier des charges concernant le rejet de perturbations ?
Justifier la valeur des pôles par rapport à l'expression du polynôme caractéristique.

8- Complétez le schéma *Simulink* de manière à réaliser l'asservissement demandé Analyser les performances du système de commande et préciser les points du cahier des charges qui sont respectés et ceux qui ne le sont pas. Le schéma Simulink contiendra les deux schémas possibles pour cet asservissement :
La forme faisant apparaître le prédicteur à d+1 pas
La forme usuelle $R(z^{-1})$, $S(z^{-1})$ et $T(z^{-1})$

Cela vous permettra notamment de valider vos calculs de polynômes.

9 – Modifier éventuellement les paramètres de synthèse de l'asservissement afin de répondre au mieux au cahier des charges. Pour rappel, les paramètres de synthèse sont dans ce cas

* la dynamique du prédicteur spécifiée par $C(z^{-1})$
* le placement de pôles réalisé pour déterminer les paramètres de la pondération dans le critère.

Usuellement, les modes dominants de $P_c(z^{-1})=P_f(z^{-1})C(z^{-1})$ sont ceux de $P_f(z^{-1})$. On peut donc par exemple agir sur le mode dominant de $P_f(z^{-1})$ pour accélérer ou ralentir la dynamique de régulation et choisir une dynamique de $C(z^{-1})$ égale aux modes auxiliaires de $P_f(z^{-1})$. Cela évite d'avoir à choisir les deux dynamiques dans un soucis de simplicité de réglage. Dans ce cas, les seuls paramètres à choisir sont donc les modes dominants de $P_f(z^{-1})$