

IDENTIFICATION ET ESTIMATION D'ÉTAT EN TEMPS RÉEL DES SYSTÈMES LINÉAIRES PAR ÉCHANTILLONNAGE NON PÉRIODIQUE

THÈSE N° 483 (1983)

PRÉSENTÉE AU DÉPARTEMENT DE MÉCANIQUE

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

CERÎ HARSA

Ingénieur électricien EPFL

de nationalité turque

acceptée sur proposition du jury :

Prof. A. Roch, rapporteur

Prof. A. Kuzucu, corapporteur

Prof. D. De Werra, corapporteur

TABLE DES MATIERES

<u>INTRODUCTION</u>		1
<u>PREMIERE PARTIE</u> : IDENTIFICATION EN TEMPS REEL D'UN SYSTEME LINEAIRE PAR ECHANTILLONNAGE NON PERIODIQUE		9
<u>CHAP. 1</u>	INTRODUCTION	11
<u>CHAP. 2</u>	DISCRETISATION D'UN SYSTEME LINEAIRE PAR ECHANTIL- LONNAGE NON PERIODIQUE	15
2.1.	Le système linéaire modélisé par sa réponse impulsionnelle	15
2.2.	Echantillonnage non périodique d'un système linéaire stationnaire	16
2.3.	Discretisation d'un système linéaire par échantillonnage non périodique	19
<u>CHAP. 3</u>	IDENTIFICATION EN TEMPS REEL D'UN SYSTEME LINEAIRE PAR ECHANTILLONNAGE NON PERIODIQUE	25
3.1.	Identification en temps réel d'un système linéaire discret	25
3.2.	Identification en temps réel d'un système par échantillonnage non périodique	26
3.3.	Algorithme d'identification en temps réel d'un système par échantillonnage non périodique	32
<u>CHAP. 4</u>	EXEMPLES D'APPLICATIONS	35
4.1.	Généralités	35
4.2.	Exemples du premier ordre	36
4.2.1	Exemple 1	36
4.2.2	Exemple 2	39
4.2.3	Exemple 3	42
4.3.	Exemple du deuxième ordre	45
<u>CHAP. 5</u>	CONCLUSIONS	49
<u>DEUXIEME PARTIE</u> : ESTIMATION D'ETAT EN TEMPS REEL D'UN SYSTEME LINEAIRE PAR ECHANTILLONNAGE NON PERIODIQUE		51
<u>CHAP. 6</u>	INTRODUCTION	53
<u>CHAP. 7</u>	ESTIMATION OPTIMALE D'ETAT EN TEMPS REEL D'UN SYSTEME PAR ECHANTILLONNAGE NON PERIODIQUE	55
7.1.	Introduction	55

7.2.	Modèle continu d'un système stochastique linéaire stationnaire	56
7.3.	Echantillonnage non périodique d'un système d'équations différentielles linéaires stochastiques	57
7.4.	Estimation optimale d'état en temps réel d'un système linéaire discret	62
7.5.	Algorithme d'estimation optimale d'état en temps réel d'un système par échantillonnage non périodique	63
<u>CHAP. 8</u>	ESTIMATIONS NON OPTIMALE ET SOUS OPTIMALE D'ETAT EN TEMPS REEL D'UN SYSTEME PAR ECHANTILLONNAGE NON PERIODIQUE	67
8.1.	Introduction	67
8.2.	Précalcul des modèles discrets	71
8.3.	Estimation d'état non optimale en temps réel d'un système par échantillonnage non périodique	73
8.4.	Estimation sous optimale d'état en temps réel d'un système par échantillonnage non périodique	75
8.4.1	Principe de l'estimation sous optimale d'état en temps réel d'un système par échantillonnage non périodique	75
8.4.2	Variances de l'erreur effective d'estimation et de l'erreur effective de prédiction	77
8.4.3	Algorithme d'estimation d'état sous optimale en temps réel d'un système par échantillonnage non périodique	82
8.5.	Estimation d'état à degré de sous-optimalité prescrit en temps réel d'un système par échantillonnage non périodique	85
<u>CHAP. 9</u>	EXEMPLES D'APPLICATIONS	91
9.1.	Généralités	91
9.2.	Exemple 1	92
9.3.	Exemple 2	96
9.4.	Comparaison des résultats	99
<u>CHAP. 10</u>	CONCLUSIONS	105
<u>CONCLUSIONS</u>		107
<u>REFERENCES</u>		111
<u>CURRICULUM VITAE</u>		113

INTRODUCTION

La théorie moderne de l'automatique, qui a montré un développement important dans les années soixante, a pour but d'appliquer la théorie mathématique de l'optimisation aux systèmes réels. Elle propose des stratégies de commande qui peuvent régler des systèmes de plus en plus complexes. Or, l'application de ces méthodes sur des systèmes réels nécessite le traitement rapide d'une grande quantité d'informations que l'homme seul est incapable d'assumer. Devant cet obstacle, il lui faut donc un outil. Avec l'arrivée des ordinateurs et le développement de l'informatique, il est devenu possible d'appliquer des stratégies de commande de plus en plus sophistiquées.

Cependant, l'ordinateur, à ses débuts, était un outil fort coûteux pour la plupart des entreprises industrielles. Mais aujourd'hui, grâce aux progrès fulgurants de l'électronique et de la microélectronique, taille, coût et défaillances des ordinateurs diminuent alors que leur accessibilité augmente avec l'essor du logiciel. L'ordinateur, hier un moyen de calcul sophistiqué et cher, est devenu aujourd'hui un simple outil de travail, omniprésent dans toute entreprise industrielle ou organisme social.

En théorie moderne de l'automatique, la génération d'une commande adéquate nécessite une connaissance aussi complète que possible de l'état et des paramètres d'un système. Dans les cas réels, les mesures et les paramètres connus d'un système ne suffisent pas à sa description complète, d'où la nécessité d'"estimer" les paramètres inconnus et de "reconstruire" les états qui ne sont pas directement accessibles.

Le calculateur numérique, par sa souplesse et sa rapidité, devient un outil indispensable pour résoudre de tels problèmes. Cependant, son utilisation nécessite une collection d'informations sous forme discrétisée. Autrement dit, les systèmes, en général continus, doivent être échantillonnés et par conséquent représentés par des modèles discrets.

Pour un grand nombre de systèmes, il est nécessaire de trouver une commande adéquate à mesure que les signaux sont échantillonnés. Dans certains cas, les échantillons arrivent d'une manière irrégulière dans le temps; dans d'autres cas, un échantillonnage irrégulier ou non périodique, effectif seulement quand il y a des variations importantes des variables, peut avoir des avantages importants.

RESUME DU TRAVAIL

Ce travail constitue une contribution à l'identification et estimation d'état des systèmes en temps réel par échantillonnage non périodique. Le contenu et l'organisation du texte se trouvent dans les pages suivantes.