



Synthèse d'observateurs fonctionnels à temps de convergence finie

Carlos Rios-Ruiz, Gloria Lilia Osorio Gordillo, Harouna Souley Ali, Carlos Manuel Astorga Zaragoza, Mohamed Darouach

► To cite this version:

Carlos Rios-Ruiz, Gloria Lilia Osorio Gordillo, Harouna Souley Ali, Carlos Manuel Astorga Zaragoza, Mohamed Darouach. Synthèse d'observateurs fonctionnels à temps de convergence finie. Congrès National de la Recherche en IUT, CNRIUT'2019, Jun 2019, Toulon, France. hal-02422351

HAL Id: hal-02422351

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02422351>

Submitted on 2 Jan 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Synthèse d'observateurs fonctionnels à temps de convergence finie.

Carlos Ríos-Ruiz^{*,1,2}, Gloria L. Osorio-Gordillo²,
Harouna Souley-Ali¹, Carlos M. Astorga-Zaragoza² et Mohamed Darouach¹

*crios@cenidet.edu.mx

¹*Centre de Recherche en Automatique de Nancy (CRAN - UMR 7039),
Nancy-Université - CNRS
IUT de Longwy, 186 rue de Lorraine,
54400 Cosnes et Romain, FRANCE.*

²*Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico-CENIDET
Tecnológico Nacional de México
Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira
Cuernavaca, Mexique*

THÈMES – *Électronique*

RÉSUMÉ – *Cet article présente un observateur fonctionnel pour des systèmes linéaires et un estimateur de fautes en convergence en temps fini. La stabilité de l'observateur est présentée et sa performance est démontrée à partir de simulations numériques. L'originalité de cet observateur fonctionnel est sa capacité de converger en un temps donné et garantir la correcte estimation de la faute en une période précise de temps.*

MOTS-CLÉS – *Commande, Observateurs, Systèmes linéaires.*

1 Introduction

Pendant les dernières années, l'importance de la diagnose de fautes et des systèmes tolérants à fautes a augmenté. Les systèmes complexes utilisés à la vie quotidienne demandent des caractéristiques de sécurité et fiabilité élevées, ainsi, la diagnose de fautes et les systèmes de commande tolérants à fautes ont une importance en augment.

La recherche d'une méthode fiable et rapide pour l'estimation des fautes a été un sujet d'importance sur le terrain. Une méthode permettant de fournir une estimation rapide d'une panne dans un système consiste à utiliser des observateurs avec une convergence en temps fini. Cela peut aider à assurer le diagnostic correct dans une période de temps. La convergence en temps fini a été utilisée pour la conception des contrôleurs, comme on peut le voir dans [1] et [2], où les auteurs conçoivent des contrôleurs en mode glissant et les lois de guidage pour un missile avec une approche de convergence en temps fini, respectivement. Le diagnostic des fautes a été étudié dans [3], où les auteurs conçoivent un observateur qui estime les fautes dans un système.

En temps continu, la convergence est asymptotique, cela implique que le taux de convergence est exponentiel et peut être déterminé en choisissant les valeurs propres de l'observateur. Cependant, en temps discret, le temps de convergence transitoire peut être défini dans un multiple d'échantillon donné en choisissant comme zéro les valeurs propres de l'observateur. La convergence en temps fini ne se limite pas aux techniques d'échantillonnage et de calcul en temps discret. La convergence en temps fini est donc un sujet d'étude intéressant [4]. Ceci est particulièrement important dans l'estimation des fautes, car un grand nombre de systèmes de commande pratiques nécessitent de temps de réponse courts. Concevoir un observateur capable d'atteindre la convergence correcte dans le cadre d'une contrainte de temps fini peut donc constituer un outil puissant pour la diagnose de fautes.

D'autre part, les observateurs fonctionnels sont utiles lorsqu'un ou plusieurs fonctions linéaires des états (plutôt que tous les états non mesurés) doivent être estimés (voir [5]). Cette fonctionnalité est particulièrement avantageuse dans le commande par retour d'état [6, 7] et peut être exploitée par d'autres applications de commande telles que la détection de fautes [8] ou le commande tolérante à fautes [9]. La conception d'un observateur fonctionnel peut également aider à réduire la puissance de calcul requise par un système de commande, notamment s'il n'est pas nécessaire d'estimer le vecteur d'état complet.

Dans cet article, un observateur de convergence temps fini fonctionnel en temps continu est proposé. L'apport principal consiste à profiter la capacité de l'observateur fonctionnel à estimer une fonction linéaire de l'état pour estimer l'état non mesurable et les fautes d'un système. Un contrôleur tolérant à fautes basé sur des observateurs fonctionnels est également proposé. Enfin, nous proposons un

estimateur de fautes robuste.

D'autre part, les observateurs fonctionnels sont utiles lorsqu'un ou plusieurs fonctions linéaires des états (plutôt que tous les états non mesurés) doivent être estimés (voir [5]). Cette fonctionnalité est particulièrement avantageuse dans le commande par retour d'état [6, 7] et peut être exploitée par d'autres applications de commande telles que la détection de fautes [8] ou le commande tolérante à fautes [9]. La conception d'un observateur fonctionnel peut également aider à réduire la puissance de calcul requise par un système de commande, notamment s'il n'est pas nécessaire d'estimer le vecteur d'état complet. En temps continu est proposé. L'apport principal consiste à profiter la capacité de l'observateur fonctionnel à estimer une fonction linéaire de l'état pour estimer l'état non mesurable et les fautes d'un système.

2 Enoncé du problème

Considérons une classe de systèmes sujets aux fautes de la forme :

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t) + F_a f(t) \\ y(t) &= Cx(t) + F_s f(t)\end{aligned}\quad (1)$$

où $x(t) \in \mathbb{R}^n$ est l'état du système, $u(t) \in \mathbb{R}^m$ est le signal d'entrée, $y(t) \in \mathbb{R}^p$ est la sortie mesurée, et $f(t) \in \mathbb{R}^r$ est le vecteur de fautes, A , B , C , F_a and F_s sont des matrices constantes et connues.

Si nous prenons l'état augmenté $\bar{x}(t) = \begin{bmatrix} x(t) \\ f(t) \end{bmatrix}$, le système (1) peut être écrit comme :

$$\begin{aligned}\dot{\bar{x}}(t) &= \bar{A}\bar{x}(t) + \bar{B}u(t) + \bar{F}_r \dot{f}(t) \\ y(t) &= \bar{C}\bar{x}(t) \\ z(t) &= L\bar{x}(t)\end{aligned}\quad (2)$$

avec $\bar{A} = \begin{bmatrix} A & F_a \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$, $\bar{B} = \begin{bmatrix} B \\ 0 \end{bmatrix}$, $\bar{F}_r = \begin{bmatrix} 0 \\ I_r \end{bmatrix}$ and $\bar{C} = \begin{bmatrix} C & F_s \end{bmatrix}$. $z(t) \in \mathbb{R}^q$, $r \geq q \leq n+r$ est fonction de l'état que l'on veut estimer.

nous proposons les suivant deux observateurs fonctionnels (see [5])

$$\begin{aligned}\dot{w}_i(t) &= N_i w_i(t) + F_i y(t) + H_i u(t) \\ \hat{z}_i(t) &= P_i w_i(t) + Q_i y(t)\end{aligned}\quad (3)$$

où $w_i(t) \in \mathbb{R}^{q_0}$, $i = 1, 2$ est l'état de chaque observateur et $\hat{z}_i(t) \in \mathbb{R}^q$ l'estimation de $z(t)$. Les matrices N_i , F_i , H_i , P_i et Q_i sont constantes et doivent être obtenues pour chaque i .

3 Paramétrage

Le théorème suivant présente les conditions d'existence d'un observateur de la forme (3) pour un système de la forme (1)

Théorème 3.1 Il existe un observateur de la forme (3) pour un système de la forme (1) si les matrices N_i sont stables et qu'il existe des matrices T_i telles que les conditions suivantes sont vérifiées :

- $N_i T_i + F_i \bar{C} - T_i \bar{A} = 0$
- $H_i - T_i \bar{B} = 0$
- $P_i T_i + Q_i \bar{C} - L = 0$

4 Synthèse des observateurs

4.1 Synthèse des observateurs fonctionnels

Nous pouvons utiliser n'importe quelle méthode de placement de pôles pour trouver la valeur des matrices N_i . Dans ce cas, nous devons assurer que les valeurs propres de N_i sont comprises dans deux régions de disque $\mathcal{D}_1(\alpha_1, \tau_1)$ et $\mathcal{D}_2(\alpha_2, \tau_2)$ ceci sera utilisé plus tard dans cet article.

Lemme 4.1 Il existe deux observateurs de la forme (??) s'il existe deux matrices X_i telles que la LMI suivante soit satisfaite :

$$\begin{bmatrix} X_i & X_i N_{i1} - W_i N_{i2} - \alpha_i X_i \\ * & -\tau_i^2 X_i \end{bmatrix} < 0 \quad (4)$$

4.2 Estimateur de fautes en temps fini

S'il existe deux observateurs tels que leurs valeurs propres fassent tenir le lemme ??, alors l'estimateur de fautes

$$\hat{f}(t) = \tilde{F}_r^T T_f [\bar{z}(t) - e^{Nh} \bar{z}(t-h)] \quad (5)$$

converge vers la faute réelle dans un temps fini h .

5 Exemple

Afin d'illustrer l'estimateur de fautes proposé, prenons l'exemple d'un système aéronautique [3] et comparons ses performances à celles obtenues pour l'observateur complet proposé dans [3]. Pour la première simulation, une faute du capteur est prise en compte et la seconde présente un système de contrôle tolérant à fautes basé sur des observateurs fonctionnels.

5.1 Estimation de faute en capteur

Dans cet exemple, nous illustrons la performances de l'observateur proposé.

Pour un système de la forme (1) avec

$$A = \begin{bmatrix} -9.95 & -0.75 & 0.26 & 5.03 \\ 52.17 & 2.75 & 5.55 & -24.42 \\ 26.09 & 2.64 & -4.2 & -19.28 \\ 0 & 0 & 1.0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0.44 & 0.18 \\ 3.24 & -7.59 \\ -5.52 & 4.49 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} F_a = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1.0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0 \end{bmatrix} F_s = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

L'objectif principal est d'estimer la faute dans les capteurs, afin de l'atteindre, on choisit $L = I_{n+r}$ et pour les régions de disques $\mathcal{D}(\alpha_i, \tau_i)$ nous choisissons $\alpha_1 = -2$, $\tau_1 = 1$, $\alpha_2 = -5$ and $\tau_2 = 1$ le temps de convergence est fixé à $h = 0.5$.

Nous avons alors deux observateurs fonctionnels de la forme (3). Les résultats sont montrés dans la Figure 1.

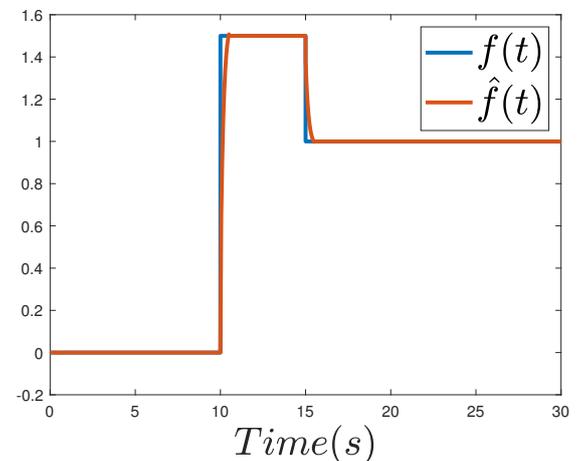


FIGURE 1 – Estimation de la faute

Comme on peut le voir sur la figure 1, l'observateur fonctionnel proposé est capable d'estimer la faute dans le temps de convergence donné. Pour l'observateur fonctionnel, nous pouvons réduire son ordre, ce qui en fait un observateur d'ordre réduit.

6 Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté la méthode pour le calcul de deux estimateurs d'état fonctionnel qui estiment une faute dans un temps fini donné. Pour une faute typique d'actionneur ou de capteur, la convergence en temps fini est garantie. Un exemple numérique a été donné pour illustrer la convergence.

Références

- [1] Arie Levant. Universal single-input-single-output (siso) sliding-mode controllers with finite-time conver-

-
- gence. *IEEE transactions on Automatic Control*, 46(9) :1447–1451, 2001.
- [2] Di Zhou, Sheng Sun, and Kok Lay Teo. Guidance laws with finite time convergence. *Journal of guidance, control, and dynamics*, 32(6) :1838–1846, 2009.
- [3] Ke Zhang, Bin Jiang, and Vincent Cocquempot. Robust fault estimation observer design with finite-time convergence specification. *IET Control Theory & Applications*, 11(1) :1–9, 2016.
- [4] Robert Engel and Gerhard Kreisselmeier. A continuous-time observer which converges in finite time. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 47(7) :1202–1204, 2002.
- [5] M. Darouach. On the functional observers for linear descriptor systems. *Systems and Control Letters*, 61(3) :427–434, 2012.
- [6] Chuang Liu, Hak-Keung Lam, Tyrone Fernando, and Herbert Ho-Ching Iu. Design of fuzzy functional observer-controller via higher order derivatives of Lyapunov function for nonlinear systems. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 2016.
- [7] Tyrone Fernando, Kianoush Emami, Shenglong Yu, Herbert Ho-Ching Iu, and Kit Po Wong. A novel quasi-decentralized functional observer approach to lfc of interconnected power systems. *IEEE Transactions on Power Systems*, 31(4) :3139–3151, 2016.
- [8] Kianoush Emami, Tyrone Fernando, Brett Nener, Hieu Trinh, and Yang Zhang. A functional observer based fault detection technique for dynamical systems. *Journal of the Franklin Institute*, 352(5) :2113–2128, 2015.
- [9] Jianglin Lan and Ron J Patton. Robust fault-tolerant control based on a functional observer for linear descriptor systems. *IFAC-PapersOnLine*, 48(14) :138–143, 2015.