

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Estimation distribuée résiliente aux cyberattaques pour les réseaux de capteurs : apprentissage et estimation à horizon glissant.

Référence : **TIS-DTIS-2025-08**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : oct-nov 2025

Date limite de candidature :

Mots clés

Automatique, apprentissage, estimation, observateurs, réseaux de capteurs, systèmes multi-agents.

Profil et compétences recherchées

M2 ou 3e année école d'ingénieur, spécialité automatique/signal.
Bonnes connaissances dans les domaines de l'automatique, de l'apprentissage, de l'estimation d'état, des systèmes multi-agents.
Bonne pratique de Python et/ou Matlab et des bibliothèques pour le Machine Learning; bon niveau d'anglais requis ; une pratique de ROS est un plus.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

On s'intéresse à la thématique de l'estimation distribuée au sein de réseaux multi capteurs, couvrant des applications telles que la surveillance de zone ou la localisation coopérative multi-véhicules. A partir des mesures des différents capteurs, l'objectif est de reconstruire l'état du système observé, de manière distribuée, chaque capteur calculant une estimation à partir de ses propres mesures et d'informations échangées avec les autres capteurs (ou capteurs voisins) au sein du réseau.

Des travaux réalisés dans deux thèses précédentes ont permis de développer des méthodes d'estimation distribuée à horizon glissant pour des réseaux de capteurs bas coût. Ces méthodes tiennent compte d'un historique de mesures accumulées sur un horizon passé de longueur fixe et nécessitent la résolution d'un problème d'optimisation [Farina10]. Les contributions réalisées ont consisté à proposer de nouveaux algorithmes avec coût de calcul réduit, et à les mettre en œuvre sur des applications de surveillance de zone [Venturino23] ou de localisation multi-robots [Borelle23].

L'utilisation de capteurs échangeant des informations au travers d'un réseau pose cependant différentes problématiques, dont notamment celle de la résilience face à des attaques malveillantes venant corrompre les communications ou les données échangées [Pierron20, Arauz22, Teixeira12]. L'objectif de cette thèse est de développer des méthodes d'estimation distribuée qui soient résilientes face à ces attaques.

On travaillera dans un premier temps sur la détection de données corrompues et leur prise en compte au sein du processus d'estimation distribuée et des mécanismes de diffusion [Venturino21] et de fusion d'information qui y sont utilisés (consensus par exemple [Farina10]). On étudiera notamment dans ce cadre l'apport des méthodes d'apprentissage pour la détection de données corrompues et l'entraînement de politiques robustes de diffusion et de fusion d'information.

Un deuxième axe de travail portera sur la réduction des communications échangées entre les capteurs au sein du réseau. Une stratégie permettant de limiter l'occurrence d'attaques sur des messages échangés peut en effet consister à diminuer l'aspect prévisible des communications (par rapport à des communications périodiques par exemple). Ce type de méthode limitant les échanges de communications peut également faciliter l'extension possible à des réseaux à grande échelle. Pour ce faire on peut chercher à définir des conditions spécifiques de déclenchement des communications. Des méthodes de type communication événementielle (*event-triggered*) ont été étudiées dans la littérature pour la commande ou l'estimation distribuée, avec comme objectif la réduction du nombre de communications échangées au sein du réseau [Yin21]. L'objectif du travail proposé ici est de développer des méthodes adaptées à l'estimation distribuée à horizon glissant puis de les étendre en prenant en compte la possibilité de détection de données corrompues ou d'attaques au sein du réseau. Pour cet axe de travail, on étudiera également l'apport possible de méthodes d'apprentissage pour l'entraînement de politiques de communications [Marchand23].

Les approches proposées seront validées en simulation et sur des jeux de données expérimentales réalisées à l'aide d'un réseau de capteurs bas coût (caméra, LIDAR).

Références :

[Arauz22] T. Arauz, J.M. Maestre, A. Cetinkaya, C. Stoica Maniu, "A tree-based multi-scenario approach to networked MPC under packet losses and disturbances", *18th IFAC Workshop on Control Applications of Optimization*, Gif sur Yvette, France, pp. 302-307, 18-22 July, 2022.

[Borelle23] M. Borelle, S. Bertrand, C. Stoica, T. Alamo, E.F. Camacho, "Cooperative Localization of an UAV Fleet using Distributed Moving Horizon Estimation with EKF Pre-estimation and Nonlinear Measurements", *27th International Conference on System Theory, Control and Computing*, Timisoara, Romania, 2023.

[Farina10] M. Farina, G. Ferrari-Trecate and R. Scattolini, "Distributed Moving Horizon Estimation for Linear Constrained Systems", in *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 55, no. 11, pp. 2462-2475, 2010.

[Pierron20] T. Pierron, J.M. Maestre, A. Cetinkaya, C. Stoica Maniu, "Tree-based Model Predictive Control for jamming attacks", *European Control Conference*, Sankt Petersburg, Russia, pp. 948-953, 12-15 May 2020.

[Marchand23] M. Marchand, V. Andrieu, S. Bertrand, S. Janny, H. Piet-Lahanier, "Deep Learning of a Communication Policy for an Event-Triggered Observer for Linear Systems", *22nd IFAC World Congress*, Yokohama, Japan, 2023.

[Teixeira12] A. Teixeira, D. Pérez, H. Sandberg, K. H. Johansson, "Attack Models and Scenarios for Networked Control Systems", *1st international conference on High Confidence Networked Systems*, 2012.

[Venturino21] A. Venturino, S. Bertrand, C. Stoica Maniu, T. Alamo, E.F. Camacho, "A new L-step neighbourhood distributed moving horizon estimator", *60th IEEE Conference on Decision and Control*, pp. 508-513, 13-17 December 2021.

[Venturino23] A. Venturino, C. Stoica Maniu, S. Bertrand, T. Alamo, E.F. Camacho, "Multi-vehicle localization by distributed MHE over a sensor network with sporadic measurements: further developments and experimental results", *Control Engineering Practice*, vol. 132, 105410, pp.1-12, 2023. **2023 Control Engineering Practice Best Paper Award.**

[Yin21] Xunyu Yin and Jinfeng Liu, "Event-Triggered State Estimation of Linear Systems Using Moving Horizon Estimation", in *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 29, no. 2, pp. 901-909, 2021.

Collaborations envisagées

Teodoro ALAMO (Univ. Séville, Espagne)

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Traitement de l'information et Systèmes

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Contact : Sylvain BERTRAND

Email : sylvain.bertrand@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Cristina STOICA

Laboratoire : CentraleSupélec-L2S

Email :

cristina.stoica@l2s.centralesupelec.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>