



7-ème Journée Régionale des Doctorants En Automatique

Résumés des posters exposés

19 Novembre 2021 – Compiègne

Programme de la journée

Horaire	Titre	Orateur
9h15 - 9h30	Accueil des participants	/
9h30 - 10h00	Ouverture de la journée	Philippe Bonnifait (Directeur du laboratoire Heudiasyc) Frederic Vanderhaegen (Président du GRAISYHM)
10h00 - 10h30	Perspective d'emplois après la thèse	L. Macaire (CRISTAL)
10h30 – 11h00	Fonctionnement et critères de qualification aux fonctions des maîtres de conférences	F. Vanderhaegen
11h00 - 12h15	Témoignage des docteurs	Subeer Rangra, Alstom Nicole El-Zoughby, Renault
12h15 - 13h45	Pause déjeuner	/
14h00 - 15h15	Session poster	/
15h15 - 15h30	Prix du meilleur poster	/
15h30 – 15h45	Pause-café	/
15h45 - 16h45	Visite des plateformes Heudiasyc	/

Intelligent prediction and visualization of winter sports tights comfort

Pengpeng CHENG, Xianyi ZENG, Pascal BRUNIAUX, Xuyuan TAO

Gemtex, Ensait, Centrale Lille, F-59000 Roubaix, France

Sports tights industry have professional functional attributes, as well as leisure and comfort. At present, USA, Australia, Germany and Japan have developed a series of high-performance tight-fitting sportswear for professional athletes' training and competition as well as general people's daily exercise and so on. Such as "shark skin swimsuits", radiate tights and so on. However, regarding the application research of tight-fitting garment, domestic and foreign scholars or scientific research institutes mainly focus on its effect on muscle function, sport performance, drag reduction effect and injury protection, and they have made some achievements. With the development of clothing comfort technology, consumers are demanding more and more comfort for textile products, and people are gradually realizing the importance of comfort and garment function are not the most important.

Sportswear affects the proprioception and changes the movement action, thus optimizing the technical action[1-8]. Therefore, the main concern of the comfort of sportswear should be sports comfort. Different sports intensity will produce different sports loads on the human body. In order to achieve the steady state of the body, the human body will have different physiological and psychological reactions.

Regarding the research on the comfort of tight-fitting sportswear, there are mainly objective evaluations, sensory evaluations and combined sensory and objective evaluations. However, at present, many researches focus on the objective study of clothing comfort, or sensory and objective comfort evaluation. Xu et al. used the pressure measurement system based on LabVIEW virtual instrument technology to carry out human body dressing experiment, and analyzed the pressure comfort of clothing [9]. Nielson et al. studied the influence of human body movement and clothing structure on various senses related to temperature and humidity [10]. Wang et al. analyzed the physiological characteristics of temperature and humidity changes and distribution characteristics of human body surface during exercise by understanding the characteristics of body surface changes during exercise [11]. Lin et al. discussed the influence of fabrics with dynamic moisture transfer characteristics on human skin temperature, as well as the thermophysical and psychological reactions during exercise and recovery [12]. However, many objectively measured fabric and clothing properties are related to the wearing comfort of clothing, but no physical parameter can comprehensively describe the comfort. And the sensor is vulnerable to the noise caused by body movement, and has not realized the real-time recording and effective tracking measurement of pressure, thermal and humidity comfort.

There are also many scholars[13-20]who believe that the study of comfort should be "people-centered" or "people-oriented", because comfort is people's perception and judgment, and sensory evaluation value can reflect the real psychological feelings of subjects, and can more fairly reflect the real feelings of people wearing clothes[21-23]. Zeng et al.[24-26] claimed that sensory evaluation is simpler and more efficient for quality determination related to consumer's behavior compared with physical measures, and it can not be completely replaced by objective evaluation. Not through some objective data, which can't express the real feelings of the wearer. Therefore, it is necessary to use sensory evaluation method to evaluate the comfort of clothing. Of course, sensory evaluation has its limitations, that is, the differences between individuals who are sensory evaluated, which is also the research focus of many scholars. You et al. used subjective evaluation to study the pressure of tight-fitting clothing with different sizes and elasticity [27-28]. Yamaguchi et al. explored sports bra made of different materials to evaluate wet feeling, hot feeling and comfort [29]. Wong and Li evaluated the subjective perception of hot and wet feeling of body parts and the overall comfort of clothing through the fitting experiment of tight-fitting sportswear [30]. Meng established an objective evaluation model of clothing touch comfort based on neural network [31]. Li and Wu, established a multiple regression prediction model of subjective comfort based on the parameter properties of knitted fabrics [32-33]. Ke et al. established a prediction model of thermal and moisture comfort using BP neural network [34]. The above sensory evaluation mainly focuses on the elaboration of sensory data analysis, but ignores the effective acquisition of sensory data. That is researchers paid more attention to data processing than data acquisition. In addition, sensory comfort prediction models are mainly multiple regression model[35-36], BP neural network models[37-38] and Fuzzing mathematics[39-40]. Because of the complex relationship between fabric parameters, it is difficult for the general neural network model or linear theoretical model to deal with this relationship well, which is easy to cause the loss of parameter information, so that these models often have low prediction accuracy and unstable prediction. However, if the quality of collected data is bad, any good data processing method cannot lead to relevant results[41].

In a word, improving the comfort performance of tight-fitting sportswear is one of the future research trends, therefore, the comfort performance of tight-fitting sportswear needs further study. This project aims to develop a new comfort model with Artificial Intelligence.

References:

- [1] Britto D, AL L, CS DS, et al. Effect of a compressive garment on kinematics of jump-landing tasks. *J Strength Cond Res*, 2016; 31(9): 2480-2488.
- [2] Doan B, Kwon YH, Newton RU, et al. Evaluation of a lower-body compression garment. *J Sports Sci*, 2003; 21(8): 601-610.
- [3] Zamporri J, Aguinaldo A. The effects of a compression garment on lower body kinematics and kinetics during a drop vertical jump in female collegiate athletes. *Orthop J Sports Med*, 2018; 6(8):1.
- [4] Patricia DVI, Olivier V. *Advanced characterization and testing of textiles*. 2018, Elsevier Ltd.(Cambridge)
- [5] Holschuh B, Obropta E, Buechley L, Newman D. Materials and Textile architecture analyses for mechanical counter-pressure space suits using active materials. In: *AIAA Space 2012 Conference & Exposition*, 2012:18.

- [6]Peiyuan Z. Biofunctional engineering of seamless sportswear. The Hong Kong Polytechnic University.2013.
- [7]Geršak J. Wearing comfort using body motion analysis. Woodhead Publishing Limited. 2014.
- [8]Ashdown SP. Improving body movement comfort in apparel. In: Song, G. (Ed.). Improving comfort in clothing. Woodhead Publishing Limited (Cambridge), 2011, pp. 278-302.
- [9]Xu J, Zhang L, Zhang F. Research on pressure comfort of women's beach volleyball clothing based on sports biomechanics. Journal of tianjin polytechnic university, 2009, 28(01):23-26.
- [10]Nielsen R, Endrucisk TL. Sensorial of Temperature and Humidity During Alternative Work/Rest and the Influence of Underwear Knit Structure. Ergonomics,1990(33):221-234.
- [11]Wang YJ, Song YJ, Diao J. Study on the functional structure design of volleyball competition clothes. Journal of Textile Research, 2014,35(02):71-77.
- [12]Lin XF, Li Y, Zhou JY, Cao XY, Hu JY, Guo YP, Sun Shu, Lv R, Lin YL, Ye Q, Leung HM. Effects of fabrics with dynamic moisture transfer properties on skin temperature in females during exercise and recovery. Textile Research Journal, 2015, 85(19):2030-2039.
- [13]Ke B. Prediction of fabric subjective thermal-wet comfort properties by inputting the objective parameters. Guilin:2011.
- [14]Karthikeyan B., & Sztandera L. M. Analysis of tactile perceptions of textile materials using artificial intelligence techniques. International Journal of Clothing Science and Technology, 2010, 22(2/3), 187–201.
- [15]Splendore R, Dotti F, Cravello B, et al. Thermo-physiological comfort of a PES fabric with incorporated activated carbon. International Journal of Clothing Science and Technology, 2011, Vol. 23 Iss 5 pp.283 - 293.
- [16]Kaplan S, Okur A. Thermal comfort performance of sports garments with objective and subjective measurements. 2012.Vol. 37,pp. 46-54
- [17]Mehri B, Hossein H, Mohammad Z, Sanaz H. Investigation of the thermal comfort properties of knitted fabric produced from Estabragh (Milkweed)/cotton-blended yarns. The Journal of The Textile Institute, 2015, 106:1, 47-56
- [18]L.Fourt, N.R.S.Hollies. Clothing Comfort and Function. New York: Marcel Dekker Inc.. 1970.
- [19]N.R.S. Hollies. Improved comfort polyester, part IV: Analysis of the four wear trials. Textile Research Journal, 1984,(54):554-548.
- [20]Y. Li, J. H. Keighley, I. F. G. Hampton. Physiological responses and psychological sensations in wearer trials with knitted sportswear. Ergonomics, 1988, 31(11):1709–1721.
- [21]Špelić I, Rogale D, Bogdanić A M. The Study on Effects of Walking on the Thermal Properties of Clothing and Subjective Comfort. Autex Research Journal, 2020, 20(3): 228-243.
- [22]Wong ASW, Li Y, Yeung P K W. Predicting clothing sensory comfort with artificial intelligence hybrid models. Textile Research Journal, 2004, 74(1): 13-19.
- [23]Teyeme YW, Malengier B, Tesfaye T, et al. Comfort Evaluation of Cyclists Jerseys Using Wear Trial Test. Tekstilec, 2020, 63(4): 263-275.
- [24]Zeng, X., & Koehl, L. Representation of the subjective evaluation of the fabric hand using fuzzy techniques. International Journal of Intelligent Systems, 2003, 18(3), 355–366.
- [25]Zeng X, Koehl L. Representation of the subjective evaluation of the fabric hand using fuzzy techniques. International journal of intelligent systems, 2003, 18(3): 355-366.
- [26]Zeng X, Koehl L, Sanoun M, et al. Integration of human knowledge and measured data for optimization of fabric hand. International Journal of General Systems, 2004, 33(2-3): 243-258.
- [27]You F, Wang J.M, Luo X.N, et al. Garment's pressure sensation (1): subjective assessment and predictability for the sensation. International Journal of Clothing Science and Technology, 2002, 14(5):307-316.
- [28]You F, Wang JM, Zhang X, et al. Garment's pressure sensation (2): the psychophysical mechanism for the sensation. International Journal of Clothing Science & Technology, 2002, 14(5):317-327.
- [29]Yamaguchi Y, Morooka H, et al. Effect of stimulation strength of clothing humidity on humidity sensitivity. Sen-I Gakkaishi, 2002, 58(2), 63-69.
- [30]Wong ASW, Li Y. Relationship between thermophysiological responses and psychological thermal perception during exercise wearing aerobic wear. Journal of Thermal Biology, 2004, 29(7-8), 791–796.
- [31]Meng XL, Zhang WY. Research progress of clothing pressure comfort. Journal of Textile Research, 2006(07):109-112.
- [32]Li M, Li DP, Zhang WY, Tang XZ. A Multiple Regression Model for Predicting Comfort Sensation of Knitted Fabric in Sports Condition based on Objective Properties. 2nd International Conference on Information and Computing Science. 2009.
- [33]Wu XR, Cao JD. Factor Analysis of the Eight kinds of Hot Wet Feeling in Subjective Comfort. 2nd International Conference on Civil Engineering, Architecture and Building Materials (CEABM 2012), 2012.
- [34]Ke B, Cong S. Prediction of fabric subjective thermal-wet comfort properties based on BP neural network. Sanya:2010.
- [35]Wang YY, PAN JH, LIU SY. Study on the Relation between the Air Gap Size under Clothing and the Comfort Sensations. Journal of DongHua University, 2006(05):101-107.
- [36]Li QL, Xie MD. Relation between cloth pressure and stretch rate of elastic knitted fabric. Progress in Textile Science & Technology, 2008, 5:97-98.
- [37]Wang YL, Wang LB. Discussion about Artificial Neural Network Predicting Clothing and Fabrics Comfort. Journal of Qingdao University (Engineering & Technology Edition), 2006(01):82-85+91.
- [38]Jing XN, Li YB. Study on heat-moisture comfort evaluation index of fabrics with grey theory. Melliand China, 2011, 39(04):70-72+74-75.
- [39]Wang F. Study on comfort of PTT blended knitted fabric for underwea. Soochow University, 2012.
- [40]Cui DD. Development and comfort properties of milk fiber blended knitted underwear fabric. Donghua University, 2015.
- [41]Zeng, X., Ruan, D., & Koehl, L. (2008). Intelligent sensory evaluation: Concepts, implementations, and applications. Mathematics and Computers in Simulation, 77(5-6), 443-452.

Titre : Localisation coopérative multi-véhicules tolérante aux fautes

Listes des auteurs : Zaynab EL MAWAS, Cindy CAPPELLE et Maan EL BADAOUI EL NAJJAR

Affiliation des auteurs : Laboratoire CRISAL – Université de Lille

Résumé :

La proximité des véhicules autonomes avec l'infrastructure et les usagers donne lieu à des besoins légitimes surtout en termes de sûreté de fonctionnement. En effet, la probabilité de dysfonctionnement croit en même temps que la complexité, la multiplicité des capteurs embarqués et la diversité des environnements d'évolution des véhicules.

Dans le but d'atteindre une localisation sûre et précise, un effort doit être porté sur une solution de localisation coopérative, associée à une couche de diagnostic qui permet de détecter et d'isoler les capteurs défaillants dans l'objectif d'assurer un fonctionnement tolérant aux fautes. En effet, ces nouvelles solutions doivent garantir d'une part la précision nécessaire à l'application, et d'autre part, répondre au besoin croissant au niveau de la sûreté de fonctionnement du système, plus spécifiquement au niveau de l'intégrité et de la disponibilité de l'estimation de la géo-position des véhicules.

Dans ce cadre, ce travail traitant la localisation multi-véhicule tolérante aux défauts est dédié au développement d'une méthode de localisation coopérative pour un ensemble de véhicules, capable de détecter et gérer les défaillances des capteurs afin d'assurer un très haut niveau de sûreté de fonctionnement, d'intégrité et de disponibilité dans l'estimation de la position des véhicules, sous l'hypothèse de l'aptitude du système à délivrer la localisation en présence de défauts.

Human-machine cooperative control: transition management between manual/auto mode for the semi-autonomous vehicle

HAMDAN Ali¹, TALJ Reine¹ and CHERFAOUI Véronique¹

¹Université de Technologie de Compiègne, CNRS, Heudiasyc, CS 60 319, 60 203 Compiègne, France

Abstract—Safety is an important criterion that should be realized while driving on the road. Road accidents are caused by the human’s errors in most cases. According to National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) statistics, these errors lead to 90% of road accidents [1]. In a critical situation, when the driver is tired, distracted, the integration of an Advanced Driving Assistance System (ADAS) helps him to prevent this dangerous situation. There are many examples of ADAS systems, like ESP, ABS. These systems ensure safety and performance of driving tasks. However, these systems have a limitation in functionality. Hence, full autonomous vehicles are taking an important attention in the researches and automotive industry. But, the realization and commercialization of these autonomous systems need more time for many reasons: high cost of hardware and software, safety on the road... Thus, a shared cooperative control is necessary to compensate the gap between manual driving (level 0/1 and 2) and full autonomous driving (level 5) [2]. Many advanced studies have been presented in the literature to investigate shared control between driver and an automated system. In fact, these studies differ in the way how to manage the control authority between the two agents. A shared lateral control is presented in [3] to illustrate the authority of driving between the driver and the automatic system. A decision making algorithm using a weighting function related to the lateral error was used to manage this authority and to switch between the two agents. Similar approach is presented in [4] to realize the control authority through a blending parameter varying between 0 and 1, adjusted manually or automatically depending on the driver’s attention and situation.

All these interesting studies have motivated us to develop a shared control for the lane keeping objective using Steer-by-wire system. Thus, in our present work, a new shared lateral control is developed to manage the control authority between the driver and the autonomous system in order to promote road safety. The novelty of this work is illustrated in the computation of the fusion parameter. A Fuzzy Logic Controller (FLC) associated to a situation-based Analysis Block are used to determine the fusion parameter according to many dynamics criteria such as: the lateral deviation error, the autonomous system’s confidence and the driver’s confidence. The proposed approach is tested for different case studies to demonstrate the effectiveness of this method to ensure safety and improve driving performance. The block diagram of the shared control is given in the Fig. 1. The main components are: the Driver Model, the Autonomous System, and finally the shared lateral control. The proposed human driver model for the lane keeping purpose in [5], is used to represent the human’s behavior in the loop. The autonomous system consists of longitudinal and lateral controllers based on the super-twisting sliding mode (STSM) algorithm, to realize a path following at the desired velocity. And finally, the shared control authority between the driver and the autonomous system is performed by using the blended shared control [4] which allows the fusion of two inputs from each agent. The familiar form of blending shared control is the blending using

weight parameter [6]. The total blending control input is given as:

$$\delta_{total} = \alpha * \delta_d + (1 - \alpha) * \delta_c, \quad (1)$$

where δ_{total} , δ_d and δ_c are the total control input, inputs of human driver and automated system respectively. α is the fusion parameter calculated based on Fuzzy Logic Controller and a situation-based analysis block (Fig. 1). α is bounded in [0,1]. An intermediate fusion parameter α' is determined by a fuzzy logic controller (FLC) as in Fig. 1. The situation-based analysis block analyzes the driving situation and gives the final value of fusion parameter α in order to promote driving safety and avoid dangerous situations. The goal of using the analysis block with the FLC is to cover all the possibilities of driving situations that can occur while driving on the road.

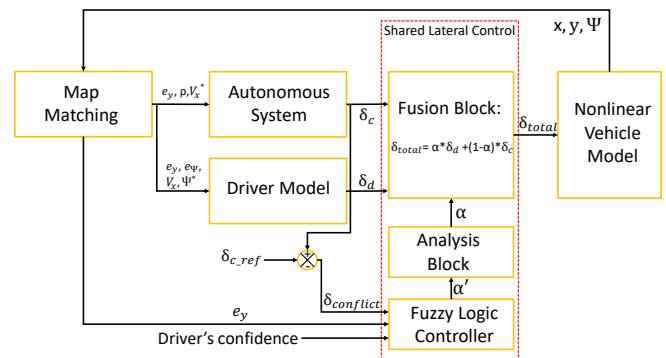


Fig. 1. Structure of the shared lateral control.

REFERENCES

- [1] R. Rajamani, *Vehicle Dynamics and Control*. Springer, 2012.
- [2] F. M. Favarò, N. Nader, S. O. Eurich, M. Tripp, and N. Varadaraju, “Examining accident reports involving autonomous vehicles in california,” *PLoS one*, vol. 12, no. 9, p. e0184952, 2017.
- [3] C. Sentouh, S. Debernard, J.-C. Popieul, and F. Vanderhaegen, “Toward a shared lateral control between driver and steering assist controller,” *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 43, no. 13, pp. 404–409, 2010.
- [4] F. Borroni and M. Tanelli, “A weighting approach to the shared-control of lateral vehicle dynamics,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 9, pp. 305–310, 2018.
- [5] L. Saleh, P. Chevrel, F. Mars, J.-F. Lafay, and F. Claveau, “Human-like cybernetic driver model for lane keeping,” *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 44, no. 1, pp. 4368–4373, 2011.
- [6] A. Li, Y. Chen, W.-C. Lin, and X. Du, “Shared steering control of tire blowout for ground vehicles,” in *2020 American Control Conference (ACC)*. IEEE, 2020, pp. 4862–4867.

Aide à la maintenance préventive par jumeau numérique pour le diagnostic de système.

Corentin Ascone ; Frédéric Vanderhaegen

LAMIH CNRS UMR 820 – Université Polytechnique Hauts-de-France 59313 Valenciennes, France.
{ corentin.ascone@uphf.fr & frederic.vanderhaegen@uphf.fr }

Résumé :

Dans l'objectif d'une industrie résiliente, durable, interopérable, respectueuse de l'environnement, intelligente ou coopérative, la prise en compte des facteurs humains est un des défis de cette industrie dite du futur. Les compétences humaines de haut niveau d'expertise seront par conséquent nécessaires pour faire face à des scénarios sans précédent [1] (Sgarbossa et al., 2020). La problématique est double. D'une part, l'absence d'intervention d'opérateurs humains à long terme dégrade les compétences de ces derniers pouvant être incapables de gérer une situation donnée et de réaliser des actions d'expertise lors d'opérations de maintenance par exemple. D'autre part, le diagnostic de l'état de certains matériels complexes comme les systèmes de refroidissement ou de régulation de puissance de centrales nucléaires ne peut être effectué qu'après leur démontage à partir d'avis d'experts nucléaires. La digitalisation et l'interconnexion entre systèmes homme-machine sont deux solutions pour contourner ce dilemme entre l'existence d'une expertise de plus de 50 ans dans le domaine nucléaire et la perte de cette expertise.

Dans cette thèse, il s'agit de développer un jumeau numérique pour prédire l'évolution d'un système dynamique prenant en compte les facteurs humains sur trois plans [2][3] (Bécue et al., 2020 ; Florea et al., 2020) : 1) la prise en compte du retour d'expérience d'experts par des méthodes de capitalisation de connaissances, 2) la transformation de ces connaissances par la production de règles concernant la durée de vie et la maintenance de produits, et 3) la coopération entre systèmes et opérateurs humains pour optimiser les interventions sur site. Face aux enjeux économiques, sanitaires et environnementaux, la thèse s'intéressera à différents critères de performance tels les temps d'arrêt d'une centrale, la sécurité, la santé ou la charge de travail lors d'opérations de maintenance nécessitant des contributions humaines incontournables pour des actions de montage, de démontage, et de décontamination. Ainsi le système d'aide à la maintenance préventive s'inspirera des travaux sur la théorie du contrôle pour modéliser le fonctionnement des systèmes à diagnostiquer [4][5] (Aghaie et al., 2013 ; Volodin et al., 2019) et ceux sur l'apprentissage et la capitalisation de connaissances pour produire des règles expertes sur l'évolution de ces systèmes dans un environnement incertain [6][7] (Jimenez, 2019 ; Vanderhaegen, 2021). Le jumeau numérique centré facteurs humains implémentera également les principes de coopération homme-machine pour déterminer les opérations de maintenance optimales sur les systèmes de refroidissement du réacteur nucléaire (i.e. Groupes Motopompe Primaires). Les pompes primaires des centrales nucléaires sont soumises à des cycles de maintenance entre 12 et 18 mois. Durant cette période de fonctionnement, différents capteurs surveillent les constantes des pompes à des fins préventives (pressions, températures, débits ...). Dans ce contexte, la thèse propose une analyse de ces paramètres afin d'optimiser les opérations de maintenance ou de détecter une défaillance des Groupes Motopompe Primaires (GMPP).

C'est dans cet esprit que FRAMATOME Jeumont, expert en conception et maintenance des équipements mobiles permettant la régulation de puissance et le refroidissement des réacteurs nucléaires, a souhaité la mise en place de solution d'aide au diagnostic et à la maintenance préventive assisté par intelligence artificielle. La collaboration de FRAMATOME sur cette thèse permet d'aborder deux verrous scientifiques : la faisabilité de développement d'un jumeau numérique d'un des produits développés par l'industriel et l'intégration de règles expertes dans ce jumeau numérique pour l'optimisation du diagnostic final et l'intervention sur site. Or lors du démontage de ces produits, la phase de diagnostic et de remplacement peut immobiliser la production d'énergie pendant plusieurs heures. Sachant qu'une journée d'arrêt coûte environ 1 million d'euros, il devient primordial de développer des outils adaptés pour l'aide à la maintenance préventif basé sur le diagnostic de l'état et de l'évolution de systèmes.

Références :

- [1] ... Sgarbossa, F., Grosse, E. H., Neumann, W. P., Battini, D., Glock, C. H. (2020). Human factors in production and logistics systems of the future. *Annual Reviews in Control*, 49, 295-305.
- [2] ... Bécue, A.; Maia, E.; Feeken, L.; Borchers, P.; Praça, I. (2020). A new concept of digital twin supporting optimization and resilience of factories of the future. *Applied Sciences*, 10, 4482
- [3] ... Florea, A., Lobov, A., Lanz, M. (2020). Emotions-aware Digital Twins for Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 51, 605-61.
- [4] ... Aghaie, M., Norouzi, A., Zolfaghari, A., Minuchehr, A., Mohamadi Fard, Z., Tumari, R. (2013). Advanced progressive real coded genetic algorithm for nuclear system availability optimization through preventive maintenance scheduling. *Annals of Nuclear Energy*, 60, 64-72.
- [5] ... Volodin, V. S., Tolokonskii, A. O. (2019). Concept of instrumentation of digital twins of nuclear power plants units as observers for digital NPP I&C system. *Proceedings of the 8th International Conference on Mathematical Modeling in Physical Science*, 26-29 August 2019, Bratislava, Slovakia.
- [6] ... Jimenez, V., Vanderhaegen, F. (2019) Dissonance oriented stability analysis of Cyber-Physical&Human Systems IFAC PapersOnLine 51-34 (2019) 230–235
- [7] ... Vanderhaegen, F. (2021) Heuristic-based method for conflict discovery of shared control between humans and autonomous systems

La Stabilité Assise chez Les Sujets Vivant avec une Lésion de La Moelle Épineière

Hajer Srihi, Thierry-Marie Guerra, Philippe Pudlo

Hajer.srihi@uphf.fr

¹Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique industrielles et Humaines (LAMIH UMR CNRS 8201),
Université Polytechnique Hauts-De-France, Valenciennes, France

Résumé :

Chez l'humain, le tronc est le segment corporel avec l'impact mécanique le plus fondamental sur le contrôle postural assis. La lésion médullaire est une pathologie neurologique motrice qui entraîne une réduction drastique de la stabilité posturale assise [1]. Ainsi le contrôle musculaire et le retour sensoriel sont réduits voire perdus en dessous du niveau de la lésion [2]. La posture assise est par conséquent différente par rapport aux sujets sains. Cette différence provient de la colonne vertébrale qui, instable par nature et sans activité musculaire, va se courber sous le poids du tronc [3]. L'impact de cette différence est visible notamment à travers l'exercice du maintien de la stabilité assise. En effet, les sujets lésés médullaires vont adopter des nouvelles stratégies de stabilisation par l'action des membres supérieurs afin de compenser l'absence du contrôle volontaire au niveau de l'articulation lombosacrée [4].

Afin d'améliorer la connaissance autour de la stabilité assise, il est fondamental d'avoir une **estimation** des couples articulaires générés par les sujets atteints. Notons que la pathologie influence négativement leur contrôle postural vu comme le résultat de contributions actives (les muscles fléchisseurs), neuronales (le cerveau et la moelle épinière) et passives (tissus ou os qui contribuent juste mécaniquement à maintenir l'intégrité du rachis) [5].

L'estimation de cette contribution passive est difficile voire même impossible à l'échelle expérimentale sauf recours à des capteurs invasifs impliquant des procédures éthiques complexes. Pour répondre à cette question, une approche par modèle de l'être humain dans le contexte de la lésion médullaire a été élaborée afin **d'estimer** les couples articulaires via les outils de l'automatique non linéaire : l'observateur à entrées inconnues (OEI).

Après une première preuve de concept présenté par le modèle non linéaire (H2AT, 2016), un nouveau modèle biomécanique le Seated-3-Segments (S3S) a été conçu afin d'étudier le mouvement de stabilisation assis de façon plus proche de la réalité anatomique. Il s'agit d'un triple pendule inverse dans le plan sagittal défini par le tronc, le bras et l'avant-bras [4]. Ce modèle est inspiré des mouvements observés chez les patients pendant les essais cliniques ou la tête et les membres supérieurs requièrent une importance fondamentale dans l'exercice de la stabilité. Le modèle S3S est instable en boucle ouverte, ainsi une loi de contrôle est nécessaire avant toute mise en œuvre de l'OEI. Cette loi de contrôle doit en outre traduire un système sous-actionné afin d'imiter le comportement d'un sujet lésé médullaire dans un domaine de stabilité réduit avec des conditions initiales restreintes (Guerra et al., 2020) [6].

Une manière de solliciter le couple passif est l'expérience de l'assise longue (jambes tendues) [7]. Ainsi un protocole expérimental a été défini sur 26 sujets lésés médullaires (dont 14 avec une lésion située au-dessus de la vertèbre T7). Ces sujets ont subi une force déstabilisante adaptée à la réaction et au ressenti de chaque sujet. L'OEI agit comme un capteur virtuel permettant d'estimer non seulement l'état partiellement mesuré mais aussi les entrées inconnues à travers une écriture augmentée du modèle. La synthèse utilise le formalisme non linéaire Takagi-Sugeno (quasi-LPV) issu de la logique floue et la résolution des inégalités linéaires matricielles (LMI) via des solveurs sous les contraintes d'optimisation.

Les résultats en simulation et en données réelles ont permis de conclure quant à la validité de l'approche par observation non linéaire dans l'estimation des couples articulaires et notamment le couple lombaire. Les travaux ont permis de traduire la lésion médullaire à un problème Auto-Bio-Mécanique : d'où la rencontre entre l'automatique et la biomécanique appliquées à l'humain.

Références :

- [1]: Kirshblum, S. C., Burns, S. P., Biering-Sorensen, F., Donovan, W., Graves, D. E., Jha, A., Johansen, M., Jones, L., Krassioukov, A. & Mulcahey, M. J. (2011) International standards for neurological classification of spinal cord injury (revised 2011). *J Spinal Cord Med.* 34535 – 546.
- [2]: Seelen, H. A. M., Janssen-Potten, Y. J. M. & Adam, J. J. (2001) Motor preparation in postural control in seated spinal cord injured people. *Ergonomics.* 44 (4), 457–472.
- [3]: Hobson, D. A. & Tooms, R. E. (1992) Seated lumbar/pelvic alignment. A comparison between spinal cord-injured and non injured groups. *Spine.* 17 (3), 293–298.

- [4] : Thèse Mathias BLANDEAU, 2018 : caractérisation de la stabilité assise chez les personnes vivant avec une lésion de la moelle épinière UVHC 2018.
- [5]: Panjabi, M. M. (1992a) The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of spinal disorders & techniques*. 5 (4), 383–389
- [6] : Guerra T.M., Blandeau M., Nguyen A.T., Srihi H., Dequidt A. (2020). Stabilizing unstable 471 biomechanical model to understand sitting stability for persons with spinal cord injury. IFAC472 PapersOnLine, World Congress. Berlin, Germany.
- [7]: Shirado, O., Kawase, M., Minami, A. & Strax, T. E. (2004) Quantitative evaluation of long sitting in paraplegic patients with spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 85 (8), 1251–1256.

Développement d'une approche formelle pour la modélisation et vérification des systèmes cyber-physiques : application aux trains autonomes

Melissa HASSOUN¹, Damien TRENTESAUX², Yassine Idel MAHJOUB³

¹Doctorante au LAMIH – UMR CNRS 8201

²Professeur des universités au LAMIH – UMR CNRS 8201

³Maître de conférences au LAMIH – UMR CNRS 8201

Résumé :

Les industries du futur sont devenues des sujets de recherche dans le monde entier. On parle d'Industrie 4.0 ou de Systèmes Cyber-Physiques (CPS) Industriels.

Les CPS sont des systèmes coopérants, intégrant les mondes physiques et digitaux (cyber) via des réseaux. Ils disposent souvent d'une commande décentralisée, issus de la fusion entre ces deux mondes. Les CPS ont des comportements autonomes (ils sont éventuellement mobiles) et dépendants du contexte dans lequel ils se trouvent. Ils peuvent se constituer en systèmes de systèmes avec d'autres CPS et amener une collaboration avec l'humain (e.g., véhicule autonome). Pour développer ces CPS, de nombreux travaux de recherche sont encore à mener notamment la modélisation formelle et l'analyse dynamique des CPS ainsi que la vérification, validation et évaluation de leur robustesse. Une étude bibliographique a mis en évidence le manque de modèles fiables et sûrs des CPS, en raison de leur complexité, de l'hétérogénéité de leurs composants et surtout du manque de bases théoriques. Par conséquent, il est nécessaire de développer des méthodologies unifiées et formelles permettant de surmonter ces difficultés. Dans ce sens, plusieurs chercheurs proposent l'utilisation des méthodes formelles (e.g., automates, réseau de Petri, modèle checking, etc.), souvent utilisées dans le cadre des systèmes critiques, complexes et hybrides. Ces approches présentent une solution aux problèmes de fiabilité, complexité, hétérogénéité et adaptabilité.

L'objectif de cette thèse est ainsi de proposer une approche de modélisation et vérification formelles des systèmes cyber-physiques afin de vérifier certaines caractéristiques fondamentales telles que la sûreté ou la robustesse face à une typologie d'événements imprévus.

Output-feedback control for nonlinear networked systems with application to semi-autonomous vehicles

CASEIRO DE OLIVEIRA Vinícius¹, MARIE-GUERRA Thierry¹, NGUYEN Anh-Tu¹, CHEN Lyu²

¹LAMIH UMR CNRS 8201, Polytechnic University of Hauts-de-France, Valenciennes, France

²Nanyang Technological University, Singapore

Abstract: Networked Control Systems (NCS) have received increasing attention in the control field in view of desired characteristics such as flexibility, ease of maintenance, reduced communication, etc. [1]. Nevertheless, issues like induced delays and packet dropouts arise in these frameworks and such issues have to be properly addressed in order of providing suitable analysis and design conditions [2]. From a theoretical viewpoint, the problem is highly nonlinear; the control input and the sensor outputs are transmitted through a network; and only partial state-information is available. Since the data is propagated through a communication network with limited bandwidth, a way to reduce the communication overhead is to close the loop only when necessary, i.e., a threshold on the desired behavior is violated. Considering unknown input observer techniques, this problem can be tackled if the available measurements are used to estimate some of the unmeasured variables [3,4,5,6]. With these estimations new theoretical conditions for control design of NCS with event-triggered mechanisms are developed, for both LPV and quasi-LPV systems in networked control systems [7,8,9]. Stability and robustness of the closed-loop system are studied via formal proofs [10]. From a practical viewpoint, there are usually some unavoidable time-delays or data dropouts during the signal transmissions, which are likely to considerably deteriorate the control effects or even destroy the system stability. Therefore, the control issues of autonomous vehicles need to be treated as an NCS in the presence of the network-induced delays and data packet dropouts.

References:

- [1] F. Wang and D. Liu, “Networked Control Systems: Theory and Applications”, Springer London, 2008.
- [2] Y. Dong, E. Tian, and Q.-L. Han, “A delay system method for designing event-triggered controllers of networked control systems”, IEEE Trans. Autom. Control, vol. 58, no. 2, pp. 475–481, 2012
- [3] A.-T. Nguyen, Truong Dinh, T.-M. Guerra, J. Pan, “Takagi-Sugeno Fuzzy Unknown Input Observers to Estimate Nonlinear Dynamics of Autonomous Ground Vehicles: Theory and Real-Time Verification”, IEEE/ASME Trans. Mech., 2021
- [4] T.-M. Guerra, V. Estrada-Menzo, Zs. Lendek, “Observer Design for Takagi-Sugeno Descriptor Models: An LMI Approach”, Automatica, vol. 52, pp. 154–159, 2015
- [5] D. Koenig, “Unknown Input Proportional Multiple-Integral Observer Design for Linear Descriptor Systems: Application to State and Fault Estimation”, IEEE Trans. Autom. Control, vol. 50, no. 2, pp. 212–217, 2005
- [6] L. Li, M. Chadli, S. Ding, J. Qiu, and Y. Yang, “Diagnostic Observer Design for T–S Fuzzy Systems: Application to Real-Time-Weighted Fault Detection Approach,” IEEE Trans. Fuzzy Syst., vol. 26, no. 2, pp. 805–816, 2018
- [7] J. Pan, A.-T. Nguyen, T.-M. Guerra, D. Ichalal, “A Unified Framework for Asymptotic Observer Design of Fuzzy Systems with Unmeasurable Premise Variables”, IEEE Trans. Fuzzy Syst., 2020
- [8] A.-T. Nguyen, J. Pan, T.-M. Guerra, Zhenhua Wang, “Avoiding Unmeasured Premise Variables in Designing Unknown Input Observers for Takagi-Sugeno Fuzzy Systems”, IEEE Control Syst. Lett., vol. 5, no. 1, pp. 79–84, 2021
- [9] A.-T. Nguyen, T.-M. Guerra, and V. Campos, “Simultaneous Estimation of State and Unknown Input with L_∞ Guarantee on Error-Bounds for Fuzzy Descriptor Systems,” IEEE Control Syst. Lett., vol. 3, no. 4, pp. 1020–1025, 2019
- [10] T.-M. Guerra, H. Kerkeni, J. Lauber, L. Vermeiren, “An Efficient Lyapunov Function for Discrete TS Models: Observer Design”, IEEE Trans. Fuzzy Syst., vol. 20, no. 1, pp. 187–192, 2012

Proposition d'un outil d'aide au diagnostic de la COVID-19

NKENGUE Marc Junior

Ecole Centrale Lille / Laboratoire GEMTEX – ENSAIT Roubaix

Résumé :

Depuis bientôt deux ans, le monde est confronté à la pandémie de la COVID-19. En Novembre 2021, plus de 226 Millions de personnes ont été contaminés [1] et plus de 4.5 Millions de décès liés à la maladie ont été recensés [1]. Malgré une amélioration de la situation, la pandémie est très loin d'être derrière nous. En raison de son taux d'infection élevé, il reste urgent de poser un diagnostic rapide et d'optimiser l'affectation des ressources médicales dans les zones épidémiques. Un diagnostic précis et précis et rapide du COVID-19 peut aider à isoler les patients infectés et à ralentir la propagation de cette maladie. S'inscrivant dans une démarche de conception d'outil d'IoMT (Internet Of Medical Things), Nous proposons ici un outil simple d'aide au diagnostic en temps réel. L'idée ici est d'exploiter un seul paramètre physiologique, qui permet de renseigner sur l'état d'autres paramètres physiologiques. Une toux sèche est généralement un indicateur de problème respiratoire et cardiaque. Il n'est donc par étonnant qu'elle soit un des symptômes fréquents de la COVID-19 [2, 4-6]. Partant de cette idée, nous avons développé une application Android nommée *Cough Diagnosis*, qui permet d'enregistrer la toux d'un patient à l'aide du kit main-libre de son téléphone, pendant une durée d'environ dix secondes [2, 3]. Une fois l'enregistrement terminé, le fichier audio est alors automatiquement transmis à un serveur distant hébergé sur Firebase. Le signal audio sera téléchargé depuis ce serveur, puis subira une phase de pré-traitement, qui consiste tout d'abord à un débruitage du signal à l'aide d'un filtre en ondelettes, puis d'une phase d'extraction des descripteurs du signal (Chromagramme, Centroïde spectral, Bande spectrale, Spectral Rolloff, Zero Crossing, MFCC ou Mel-Frequency Cepstral Coefficients). La phase de prétraitement achevée, les descripteurs passeront par un réseau de neurones artificiels [7] entraîné avec la base de données Coswada [8], préalablement augmentée, afin d'avoir un dataset équilibré. Le système va ainsi pouvoir prédire la présence ou non du virus. Dans le cadre de l'application, nous avons utilisé deux types de réseau de neurones : Un réseau de neurones « classique » et un réseau de neurones convolution 1D. Le résultat sera renvoyé en un rien de temps à l'application, et le patient pourra connaître son statut. Les premiers résultats sont encourageants, avec une précision de l'ordre de 98% dans le cas de l'utilisation d'un réseau de neurones convolutionnel, et de 98% dans le cas de l'utilisation d'un réseau de neurones artificiel « classique ». La force de l'outil développé est de pouvoir à partir d'un simple smartphone, et en se basant exclusivement sur un seul paramètre physiologique du patient, de pouvoir effectuer un pré-diagnostic précis en temps réel.

Références :

1. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard. 2021; Available from: <https://covid19.who.int/>.
2. Stojanović, R., A. Škraba, and B. Lutovac. *A Headset Like Wearable Device to Track COVID-19 Symptoms*. in *2020 9th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*. 2020.
3. Drugman, T., et al., *Audio and contact microphones for cough detection*. 2020.
4. Jeong, H., et al., *Differential cardiopulmonary monitoring system for artifact-canceled physiological tracking of athletes, workers, and COVID-19 patients*. 2021. **7**(20): p. eabg3092.
5. Mukhtar, H., et al., *An IoT Framework for Screening of COVID-19 Using Real-Time Data from Wearable Sensors*. *Int J Environ Res Public Health*, 2021. **18**(8).
6. *Coronavirus disease (COVID-19) - Symptoms*. 2021; Available from: https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab_3.
7. *Binary Classification cough COVID-19 2021* [cited 2021; Available from: <https://github.com/marcusnk237/Binary-Classification-Cough-COVID>].
8. Sharma, N., et al., *Coswara--A Database of Breathing, Cough, and Voice Sounds for COVID-19 Diagnosis*. 2020.

Optimisation de l'assortiment des collections et des achats d'articles de mode par les données massives et l'intelligence artificielle

SLEIMAN Rita, TRAN Kim-Phuc, THOMASSEY Sébastien

Univ. Lille, ENSAIT, GEMTEX – Laboratoire de Génie et Matériaux Textiles, F-59000 Lille, France

L'industrie de l'habillement, ou industrie de la mode, est une des plus anciennes activités humaines et traverse les siècles en s'adaptant continuellement aux avancées technologiques et sociétales. Aujourd'hui, avec la mondialisation, la chaîne d'approvisionnement textile est devenue de plus en plus complexe à gérer et contrôler. L'émergence de l'Internet, ainsi que ses différentes plateformes de réseaux sociaux, a profondément modifié la concurrence ainsi que les relations avec les clients. Ces derniers sont devenus de plus en plus difficiles à satisfaire ; le client entre dans le magasin en sachant à l'avance ce qu'il désire acheter. En effet, notre quotidien est plongé dans un environnement connecté et mobile dans lequel l'ensemble des données générées par les transactions commerciales, les capteurs, les réseaux sociaux, ... constitue un flux ininterrompu. L'énorme quantité de données ainsi générée est devenue l'un des éléments les plus importants qui influencent l'évolution de la société et les innovations industrielles. Pour l'industrie de la mode, la maîtrise de ces "Big Data", constitue un défi majeur mais offre également d'énormes perspectives et opportunités. Il est donc crucial pour les entreprises de savoir maîtriser cette grande masse de données, afin d'extraire des informations cruciales pour les différentes prises de décision. L'optimisation de l'assortiment des collections et des quantités à acheter par produits sont des décisions majeures qui conditionnent le succès ou l'échec d'une collection [1,2].

Plus précisément dans le cadre de ce projet de thèse, les données massives et les outils issus de l'intelligence artificielle sont utilisés pour répondre aux différentes problématiques de prévision de ventes et de détection des tendances de consommations, en amont de la définition de la collection et des achats. En effet, l'exploitation des données massives, issues des systèmes d'information internes des entreprises et des réseaux sociaux, permet l'extraction des informations cruciales pour l'optimisation de l'assortiment des collections et des quantités à acheter par produits [3]. Par ailleurs, un meilleur ciblage des besoins et attentes des consommateurs réduira les phénomènes de surproduction et d'inventus. Cependant, l'anticipation de la demande future des produits est une tâche extrêmement difficile dans un contexte où les marchés sont particulièrement volatils, le cycle de vie des produits est court et la demande du consommateur est influencée par une combinaison d'effets des variables hétérogènes.

A cet effet, la littérature scientifique présente une très grande variété de méthodes de prévision des ventes et de la demande, adaptées aux différentes problématiques, en utilisant des données internes (ventes historiques, caractéristiques des produits, etc...) [3–5]. En plus, surtout après les importants succès effectués par les méthodes récentes de l'intelligence artificielle dans le domaine de l'analyse des textes et des images, combinés avec le taux massif des données présenté par les réseaux sociaux, un nouvel axe de recherche, ayant pour but de détecter les tendances du marché, est apparu [6–8].

L'objectif de ce projet de thèse est de fusionner ces deux axes de recherche : la prévision des ventes, et la détection des tendances, et de profiter de l'énorme masse de données hétérogènes afin de développer un système complet de prédiction de la demande. Ce dernier constituera un outil d'aide à la décision pour les enseignes de la distribution textile, ayant pour but de proposer aux clients des produits qui répondent au maximum à leurs attentes, augmentant ainsi leur satisfaction, en s'appuyant sur des données telles que :

- Des données quantitatives (données clients, données de ventes, données techniques, etc...) et qualitatives (expertises des chefs de produits, responsables clients, etc...) internes de l'entreprise,
- Des données issues des réseaux sociaux (blogs, photos, etc...) afin de détecter les tendances à différents horizons (long, moyen et court termes).

En se basant sur ces différentes sources d'information qui influent énormément sur la demande client, on arrivera ainsi à développer un modèle de prédiction de demande plus robuste et fiable. Ceci nous permettra d'optimiser :

- Les assortiments des collections en favorisant les produits à fort potentiels dans le marché tout en intégrant les contraintes stratégiques et stylistes de l'enseigne,
- Les quantités à acheter en indiquant aux acheteurs les potentiels de ventes par produit.

Références :

- [1] S. R. H. Chan and T. Siqin, "Demand forecasting in retail operations for fashionable products : methods , practices , and real case study," *Ann. Oper. Res.*, 2019.
- [2] K. Vashisht and S. Mittar, "Artificial Intelligence as a Tool in the Online Fashion Retail Industry to Communicate Fashion Trends," in *Fashion Communication in the Digital Age*, 2019, pp. 276–282.
- [3] N. Liu, S. Ren, T. Choi, C. Hui, and S. Ng, "Sales Forecasting for Fashion Retailing Service Industry : A Review," *Math. Probl. Eng.*, 2013.
- [4] V. Ekambaram, K. Manglik, S. Mukherjee, S. Shravan Kumar Sajja, S. Dwivedi, and V. Rayka, "Attention based Multi-Modal New Product Sales Time-series Forecasting", in *Proceedings of the 26th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining (KDD '20)*, 2020
- [5] S. Thomassey, M. Happiette, and J. M. Castelain, "A short and mean-term automatic forecasting system — application to textile logistics," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 161, pp. 275–284, 2005.
- [6] Z. Al-halah, R. Stiefelhagen, and K. Grauman, "Fashion Forward: Forecasting Visual Style in Fashion," in *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2017.
- [7] S. Beheshti-kashi, M. Lütjen, L. Stoeber, and K. Thoben, "TrendFashion - A Framework for the Identification of Fashion Trends," 2015.
- [8] H. An and M. Park, "Approaching fashion design trend applications using text mining and semantic network analysis," in *Fashion and Textiles*, 2020.

Proposition d'un outil d'aide au diagnostic de la COVID-19

NKENGUE Marc Junior

Ecole Centrale Lille / Laboratoire GEMTEX – ENSAIT Roubaix

Résumé :

Depuis bientôt deux ans, le monde est confronté à la pandémie de la COVID-19. En Novembre 2021, plus de 226 Millions de personnes ont été contaminés [1] et plus de 4.5 Millions de décès liés à la maladie ont été recensés [1]. Malgré une amélioration de la situation, la pandémie est très loin d'être derrière nous. En raison de son taux d'infection élevé, il reste urgent de poser un diagnostic rapide et d'optimiser l'affectation des ressources médicales dans les zones épidémiques. Un diagnostic précis et précis et rapide du COVID-19 peut aider à isoler les patients infectés et à ralentir la propagation de cette maladie. S'inscrivant dans une démarche de conception d'outil d'IoMT (Internet Of Medical Things), Nous proposons ici un outil simple d'aide au diagnostic en temps réel. L'idée ici est d'exploiter un seul paramètre physiologique, qui permet de renseigner sur l'état d'autres paramètres physiologiques. Une toux sèche est généralement un indicateur de problème respiratoire et cardiaque. Il n'est donc par étonnant qu'elle soit un des symptômes fréquents de la COVID-19 [2, 4-6]. Partant de cette idée, nous avons développé une application Android nommée *Cough Diagnosis*, qui permet d'enregistrer la toux d'un patient à l'aide du kit main-libre de son téléphone, pendant une durée d'environ dix secondes [2, 3]. Une fois l'enregistrement terminé, le fichier audio est alors automatiquement transmis à un serveur distant hébergé sur Firebase. Le signal audio sera téléchargé depuis ce serveur, puis subira une phase de pré-traitement, qui consiste tout d'abord à un débruitage du signal à l'aide d'un filtre en ondelettes, puis d'une phase d'extraction des descripteurs du signal (Chromagramme, Centroïde spectral, Bande spectrale, Spectral Rolloff, Zero Crossing, MFCC ou Mel-Frequency Cepstral Coefficients). La phase de prétraitement achevée, les descripteurs passeront par un réseau de neurones artificiels [7] entraîné avec la base de données Coswada [8], préalablement augmentée, afin d'avoir un dataset équilibré. Le système va ainsi pouvoir prédire la présence ou non du virus. Dans le cadre de l'application, nous avons utilisé deux types de réseau de neurones : Un réseau de neurones « classique » et un réseau de neurones convolution 1D. Le résultat sera renvoyé en un rien de temps à l'application, et le patient pourra connaître son statut. Les premiers résultats sont encourageants, avec une précision de l'ordre de 98% dans le cas de l'utilisation d'un réseau de neurones convolutionnel, et de 98% dans le cas de l'utilisation d'un réseau de neurones artificiel « classique ». La force de l'outil développé est de pouvoir à partir d'un simple smartphone, et en se basant exclusivement sur un seul paramètre physiologique du patient, de pouvoir effectuer un pré-diagnostic précis en temps réel.

Références :

1. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard. 2021; Available from: <https://covid19.who.int/>.
2. Stojanović, R., A. Škraba, and B. Lutovac. *A Headset Like Wearable Device to Track COVID-19 Symptoms*. in *2020 9th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*. 2020.
3. Drugman, T., et al., *Audio and contact microphones for cough detection*. 2020.
4. Jeong, H., et al., *Differential cardiopulmonary monitoring system for artifact-canceled physiological tracking of athletes, workers, and COVID-19 patients*. 2021. **7**(20): p. eabg3092.
5. Mukhtar, H., et al., *An IoT Framework for Screening of COVID-19 Using Real-Time Data from Wearable Sensors*. *Int J Environ Res Public Health*, 2021. **18**(8).
6. *Coronavirus disease (COVID-19) - Symptoms*. 2021; Available from: https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab_3.
7. *Binary Classification cough COVID-19 2021* [cited 2021; Available from: <https://github.com/marcusnk237/Binary-Classification-Cough-COVID>].
8. Sharma, N., et al., *Coswara--A Database of Breathing, Cough, and Voice Sounds for COVID-19 Diagnosis*. 2020.

Optimization and implementation in discrete time for the control of the autonomous train Jimmy Lauber , Michael Defoort, Denis Berdjag

*Univ. Polytechnique Hauts-de-France, LAMIH, CNRS, UMR 8201, F-59313 Valenciennes, France
INSA Hauts-de-France, F-59313 Valenciennes, France*

Résumé : As part of the Autonomous Train program, the proposed work consists of the generation of desired speed profiles and the implementation on specific simulator and prototype in real time of the control device of the autonomous freight train. In close collaboration with a team of researchers, the PhD student will :

- Generate speed profiles of the freight train

As part of the autonomous freight train, the objective is to generate velocity profiles taking into account the various associated constraints (slope, curvature, maximum speed, maximum acceleration, etc.) making it possible to minimize a carefully chosen criterion. Initially, a formalization of the criterion is expected (energy or even associated with wheel wear) and the constraints to be respected for the autonomous freight train (in particular to reduce the risk of hitch failure). Then, the student will have to implement optimization tools allowing the sufficiently reactive generation of the speed profile.

- Discretization of the piloting device

As a first step, it will be necessary to implement control law discretization algorithms to guarantee certain performances in a real-time environment. In a second step, a study to reduce control updates (ie self-triggering control, multi-sampling) could also be implemented in order to reduce the computing load allocated to the control on the embedded processors and / or minimize the updates of the measurements.

- Implementation

The goal is to be able to implement control laws integrating planning and real-time aspects in accordance with the project specifications (planned I / O subsets). Obviously, it will be necessary to become familiar with and / or train with the specific programming tools defined in the project. This point will require spending part of the working time on the project platform.

Références :

- [1] YAMAZAKI, Hiro-o, NAGAI, Masao, et KAMADA, Takayoshi. Wheel slip prevention control based on nonlinear robust control theory. Quarterly Report of RTRI, 2006, vol. 47, no 1, p. 34-38.
- [2] SPIRYAGIN, Maksym, WOLFS, Peter, COLE, Colin, et al. Design and simulation of heavy haul locomotives and trains. CRC Press, 2016.
- [3] ZHAO, Yunshi et LIANG, Bo. Re-adhesion control for a railway single wheelset test rig based on the behaviour of the traction motor. Vehicle system dynamics, 2013, vol. 51, no 8, p. 1173-1185.
- [4] X. Zhuan and X. H. Xia, "Optimal scheduling and control of heavy haul trains equipped with electronically controlled pneumatic braking systems," IEEE Trans. Control Syst. Technol., vol. 8, no. 4, pp. 855–864, Oct. 2011.

A new personalized 3D parametric human modeling approach Cheng CHI

ENSAIT, GEMTEX Laboratory, 59100, Roubaix, France

Résumé: In the modern apparel industry, three-dimension (3D) human body models, established from data measured by 3D body scanners, have become one of the fundamental elements for design and fabrication of digital garments [1-3]. However, the current 3D human body models used in the apparel industry are mostly rigid, and lack semantic information on body positions and body parts [4]. Therefore, it is difficult for designers to make accurate, fast and effective designs from these models. In this paper, a new parametric 3D human body model based on key position labelling and optimised body parts segmentation is proposed. This modelling approach consists of the following three operations: 1) **Human body characterization using professional knowledge**: By using experts' professional knowledge, we manually realize accurate human body data measurements as well as their interpretation and classification, and extract more relevant human body features. In this approach, after a deep analysis, measured data irrelevant to human body shape have been excluded by designers. Furthermore, the relation between body shapes and previously identified body features have been modelled [5]. 2) **3D human body model correction**: From this relational model, we label key positions on the corresponding 3D body model obtained from 3D body scanning and segment the whole 3D body model into semantically interpretable body parts. In this way, two databases have been created, enabling to identify features of all segmented body parts, whose combination corresponds to the whole body shape. Database I is composed of all body classification data (key body positions, segmented body parts, relevant body measures), manually measured by the involved designers. Database II includes all 3D body models for various body shapes, labelled and segmented according to the results of Database I. The adjusted 3D human body model contains important human semantic information on labelled key body position points and features on each body part. 3) **Labelled and segmented 3D human body model selection**: For a specific consumer, his/her personalized 3D body model can be obtained by taking a very few numbers of body measures on himself/herself, selecting the closest body parts from Database II, making an appropriate combination of the selected body parts, and adjusting parameters of all involved body parts. By comparing the proposed labelled and segmented 3D model and the existing human body models through a number of experiments, we conclude that the proposed model leads to more relevant results with a high accuracy and a high visual quality related to real human body shapes.

Keywords: 3D human body model, designer's knowledge, key body position labelling, body part segmentation,

Références :

- [1] Liu K, Zeng X, Bruniaux P, et al. Fit evaluation of virtual garment try-on by learning from digital pressure data[J]. Knowledge-Based Systems, 2017, 133: 174-182.
- [2] Liu K, Zeng X, Bruniaux P, et al. 3D interactive garment pattern-making technology[J]. Computer-Aided Design, 2018, 104: 113-124.
- [3] Wang Z, Wang J, Zeng X, et al. Prediction of garment fit level in 3D virtual environment based on artificial neural networks[J]. Textile Research Journal, 2021: 0040517520987520.
- [4] Xie H, Zhong Y. Structure-consistent customized virtual mannequin reconstruction from 3D scans based on optimization[J]. Textile Research Journal, 2020, 90(7-8): 937-950.
- [5] Chi C, Zeng X, Bruniaux P, et al. A study on segmentation and refinement of key human body parts by integrating manual measurements[J]. Ergonomics, 2021: 1-18.

Joint Demosaicing and Unmixing in Hyperspectral Videos

Kinan Abbas, Matthieu Puigt, Gilles Delmaire, and Gilles Roussel

*Université du Littoral Côte d'Opale, LISIC– UR 4491, F-62228 Calais, France
{kinan.abbas,matthieu.puigt,gilles.delmaire,gilles.roussel}@univ-littoral.fr*

Résumé : In recent decades, visible/infra-red and then multi-spectral imaging have led to significant advances, e.g., in industrial and environmental monitoring. The more recent development of hyperspectral (HS) cameras—observing the same image at several hundred or even thousands of wavelengths—makes it possible to imagine new observation systems for which new data processing methods—at the borderline between signal and image processing and artificial intelligence—must be proposed.

State of the art Hyperspectral Imaging (HSI) architectures can be classified into spatial, spectral, and frame scanning approaches [1]. Regardless of the approach, the main potential of all the methods is acquiring images with a high spectral, spatial, and temporal resolution. However, a shared characteristic among all scenarios is the need for repetitive scanning of the scene and the acquisition of many exposures (frames) to capture the complete spatio-spectral resolution data cube, in addition to the price and the size of the camera. A new generation of HSI imaging architectures—known under the name Snapshot Spectral Imaging (SSI)—has been proposed to overcome the aforementioned issues. SSI enables the efficient acquisition of the spatio-spectral content of dynamic scenes using miniaturized platforms, and it can acquire the complete cube from a single or a few exposures. To achieve this goal, SSI architectures associate each spatial pixel with a specific spectral band, thus introducing a critical trade-off between spatial and spectral resolution [2]. For the case of the HS video, the SSI camera only acquires part of the HS data and then seeks to estimate the missing data in the post-processing method known as "demosaicing". This step can be performed by assuming a low-rank approximation of the observed data cubes [2]. Furthermore, the problem of "unmixing" that has become classic in HSI aspires for estimating the spectra of "pure" materials, which can be carried out by non-negative matrix/tensor factorization (NMF/NTF) or by deep learning, i.e., other types of low-rank approximations of the observed data [3].

For another application, it was found that coupling low-rank matrix completion and factorization was far more efficient than a two-stage approach consisting of a low-rank matrix completion followed by a matrix factorization [4]. During my Ph.D. thesis, I aim to investigate if such behaviour also appears for SSI and to implement a joint method for performing "demosaicing" and "unmixing" for the hyperspectral video acquired by the SSI camera.

Références :

- [1] Dimitris Manolakis, Ronald Lockwood, and Thomas Cooley. *Hyperspectral Imaging Remote Sensing*. Cambridge University Press, 2016.
- [2] Grigorios Tsagkatakis et al. "Graph and Rank Regularized Matrix Recovery for Snapshot Spectral Image Demosaicing". In: *IEEE Trans. Comput. Imaging* 5.2 (June 2019), pp. 301–316.
- [3] Wing-Kin Ma et al. "A signal processing perspective on hyperspectral unmixing: Insights from remote sensing". In: *IEEE Signal Process. Mag.* 31.1 (2013), pp. 67–81.
- [4] Clément Dorffer et al. "Informed nonnegative matrix factorization methods for mobile sensor network calibration". In: *IEEE Trans. Signal Inf. Process. Netw.* 4.4 (2018), pp. 667–682.

Conception d'observateurs robuste pour le train autonome dans des conditions d'adhérence variables.

Hiba Fawzia BOUCHAMA¹; Jimmy LAUBER^{2,3}; Michael DEFOORT²; Denis BERDJAG²

¹ Institut de Recherche Technologique (IRT) RAILENIUM.

² Univ. Polytechnique Hauts-de-France, LAMIH, CNRS, UMR 8201, F-59313 Valenciennes, France.

³ INSA Hauts-de-France, F-59313 Valenciennes, France

Le système de contrôle automatique des trains (ATC) est un ensemble qui comprend des sous-systèmes de supervision automatique des trains (ATS), de protection automatique des trains (ATP) et d'exploitation automatique des trains (ATO), et qui est configuré pour fonctionner selon l'un des quatre degrés d'automatisation (GoA). Le niveau d'autonomie le plus élevé est défini dans le GoA4, où le train est complètement autonome. Du point de vue contrôle/commande, un système ATO typique a principalement deux fonctions. La première génère le profil de vitesse souhaité pour le fonctionnement du train, tandis que la seconde est un contrôleur de vitesse de train garantissant la poursuite du profil de vitesse de référence.

Les contrôleurs de vitesse du train ont besoin d'une mesure de la vitesse du train pour fonctionner en boucle fermée. Cependant, les capteurs odométriques existants fournissent indirectement la vitesse longitudinale du train, en se basant sur la mesure de la rotation des essieux, ce qui conduit à des mesures imprécises en raison de la dynamique et des perturbations non modélisées.

L'adhérence roue-rail est une de ces perturbations qui se caractérise par une force qui fait avancer le train. Cependant, dans des conditions de rail dégradées, l'adhérence diminue, produisant un glissement des roues lors de la traction, ou un blocage des roues lors du freinage. Ces phénomènes entraînent un écart entre la vitesse mesurée et la vitesse longitudinale réelle du train. Par conséquent, une estimation précise de la vitesse longitudinale du train à partir des mesures disponibles est nécessaire. Ceci implique une estimation précise de la force d'adhérence.

De plus, la dynamique longitudinale du train est non linéaire en raison, par exemple, de sa composition (locomotives et différents wagons) et des couplages entre les différents véhicules (attelages). En outre, les voitures de train ne sont pas équipées de capteurs et ne peuvent pas transmettre d'informations à l'ATO. Par conséquent, les approches de contrôle existantes ne peuvent pas éviter complètement certains problèmes de sécurité tels que les ruptures des attelages et les situations de déraillement des wagons. Une estimation précise de la position des wagons et des forces inter-wagons aidera à concevoir des schémas de contrôle améliorés tout en améliorant les problèmes de sécurité.

Notre défi est donc de proposer des solutions d'amélioration des performances de la commande du train, en utilisant un modèle affiné. Pour cela, nous proposons de :

- Etablir un modèle analytique détaillé qui tient compte des régimes transitoires et des dynamiques ayant une importance pour la conduite.
- Estimer les grandeurs non-mesurées importantes.
- Détecter les anomalies, défaillances et conditions dégradées (i.e., zone de faible adhérence, patinage/enrayage, rupture d'attelage, déraillement, ...)
- Spécifier une loi de commande permettant de compenser les perturbations affectant la dynamique du train et par conséquent, réduire les régimes dégradés et les défauts.

Références :

[1] POLACH, Oldrich. Creep forces in simulations of traction vehicles running on adhesion limit. *Wear*, 2005, vol. 258, no 7-8, p. 992-1000.

[2] KALKER, J. J. Survey of wheel—rail rolling contact theory. *Vehicle system dynamics*, 1979, vol. 8, no 4, p. 317-358.

[3] ROCHARD, Bernard P. et SCHMID, Felix. A review of methods to measure and calculate train resistances. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 2000, vol. 214, no 4, p. 185-199.

[4] AGUIAR, Braulio, BERDJAG, Denis, DEMAYA, Bernard, et al. A robust and fault tolerant approach for automatic train stop control system design. *IFAC-Papers OnLine*, 2017, vol. 50, no 1, p. 8549-8554.

[5] AJWAD, Syed Ali, MÉNARD, Tomas, MOULAY, Emmanuel, et al. Observer based leader-following consensus of second-order multi-agent systems with nonuniform sampled position data. *Journal of the Franklin Institute*, 2019, vol. 356, no 16, p. 10031-10057.

- [6] Chou, M., Xia, X., and Kayser, C. (2007). Modelling and model validation of heavy-haul trains equipped with electronically controlled pneumatic brake systems. *Control Engineering Practice*, 15(4), 501–509.
- [7] Wang, Z. and Jia, Y. (2018). A terminal sliding mode algorithm for train velocity tracking considering wheel-rail adhesion. In 2018 Chinese Automation Congress (CAC), 3065–3069. IEEE
- [8] Uyulan, C. and Gokasan, M. (2018). Modeling, simulation and re-adhesion control of an induction motor-based railway electric traction system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, 232(1), 3–11

Titre : Développement d'une nouvelle architecture de coopération évolutive de contrôle adaptatif pour le fonctionnement automatique des véhicules

Listes des auteurs : Mohamed Radjeb Oudainia, Chouki Sentouh, Anh-Tu Nguyen, Jean-Christophe Popieul

Affiliation des auteurs : Laboratoire LAMIH-UMR CNRS 8201, Université polytechnique Hauts-de-France (UPHF) de Valenciennes, France.

Résumé :

Aujourd'hui, les systèmes d'aide à la conduite peuvent assister le conducteur dans des situations simples comme le maintien de la voie et le contrôle de l'inter-distance, le défi est d'améliorer ces systèmes pour qu'ils puissent assister le conducteur dans des situations plus complexes comme le changement de voie, le rond-point et l'insertion tout en gardant l'humain dans la boucle.

Le projet ANR CoCoVeA [1] a posé les bases d'un système coopératif d'assistance au conducteur pour le véhicule automatisé. Une architecture permettant la coopération au niveau tactique et au niveau de contrôle a été développée et validée pour la manœuvre de changement de voie. La validation du système dans une expérience sur simulateur a démontré l'intérêt de partager la conduite entre le conducteur et l'automate, mais elle a également révélé une limite, si on se trouve dans les mêmes situations, le conducteur doit toujours appliquer les mêmes corrections. Le système n'apprend pas. Dans [2] il a ajouté une notion de personnalisation des changements de voies en utilisant des réseaux de neurones où le développement de ce réseau se fait hors ligne, ce type d'approche nécessite une très grande base de données, et comme le réseau de neurones est une boîte noire il y a aussi un problème d'interprétation [3] et de confiance.

Dans ce travail, une nouvelle architecture et stratégie pour une coopération évolutive est proposée, en intégrant dans le système de conduite une capacité d'auto-apprentissage, basée sur les actions réalisées par le conducteur dans diverses situations pendant les phases de conduite partagée et manuelle en temps réel, afin de personnaliser le fonctionnement des systèmes automatisés en fonction des souhaits de chaque conducteur. Pour comprendre les actions effectuées par le conducteur, un modèle décrivant à la fois ses mécanismes décisionnels et sensori-moteurs est nécessaire. Dans [4,5], un modèle cybernétique de conducteur pour le contrôle de trajectoire qui intègre explicitement la dynamique neuromotrice est proposé. Et afin d'analyser et de prédire ses intentions, une identification paramétrique en temps réel du modèle de conducteur est effectuée à l'aide de la méthode des moindres carrés récursifs [6].

Références :

- [1] M. A. Benloucif, "Coopération homme-machine multi-niveau entre le conducteur et un système d'automatisation de la conduite," PhD Thesis, Université Polytechnique Hauts-de-France, 2018
- [2] B. Zhu, J. Han, J. Zhao, and H. Wang, "Combined hierarchical learning framework for personalized automatic lane-changing," IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., early access, May 8, 2020, doi:10.1109/TITS.2020.2990787
- [3] Benoît Virole, "Etude prospective des applications possibles des réseaux de neurones formels dans le traitement des données psychométriques," Editions du Centre de Psychologie Appliquée, pp. 13, 2001
- [4] C. Sentouh, P. Chevrel, F. Mars and F. Claveau, "A Human-Centred Approach of Steering Control Modelling," Proceedings of the 21st IAVSD Symposium on Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks, pp. 1-12, 2009.
- [5] Bi L, Wang M, Wang C, et al. Development of a driver lateral control model by integrating neuromuscular dynamics into the queuing network-based driver model. IEEE trans Intell Transp Syst 2015; 16(5): 2479-2486.
- [6] Raluca Liacu. Identification de systèmes linéaires à paramètres variant : différentes approches et mises en oeuvre.. Autre. Supélec, 2014. Français. ffNNT : 2014SUPL0018ff. fftel-01123741

Titre : Modélisation du comportement du conducteur

Listes des auteurs : Daniel Cisneros, Jean-Christophe Popieul, Chouki Sentouh, Boussaad Soualmi

Affiliation des auteurs : Université Polytechnique Hauts-de-France, IRT SystemX

Résumé :

La conduite de véhicule est une activité humaine très complexe, car chaque individu interprète différemment son environnement selon ses émotions, sa capacité à traiter l'information, son stress, sa perception de la réalité ainsi que sa personnalité [1] et agit en fonction de ces interprétations mais également de ses compétences, de sa formation, de son expertise. La validation en simulation numérique des algorithmes développés pour le véhicule autonome suppose de pouvoir prendre en compte cette diversité de comportements ce qui nécessite des modèles. Modéliser l'activité du conducteur et ses différents comportements devient ainsi un sujet très important pour la validation des systèmes d'aide à la conduite avancés.

Les modèles de trafic existant dans les simulateurs de conduite actuels ne reproduisent pas la diversité des réactions naturelles qu'un conducteur humain peut avoir dans sa conduite face à une même situation. Principalement déterministes, ils ont pour seul objectif de produire un environnement réaliste de véhicules avec comme objectif principal de ne générer ni d'incident ni d'accident. Notre objectif est de modéliser des comportements de conduites les plus naturels possibles (incluant donc des fautes/erreurs potentielles) de façon à avoir un trafic réaliste. Il est donc important, d'utiliser une méthode qui satisfasse aux contraintes de conception d'un modèle flexible, facilement paramétrable et avec des paramètres explicites dont la modification nous permette inclure ou supprimer des comportements que nous souhaitons évaluer.

Parmi des méthodes utilisées pour la modélisation des comportements humains, la logique floue est couramment utilisée dans les systèmes de transport ainsi que pour l'aide à la décision [2][3]. Avec cet outil, il est possible de modéliser le comportement du conducteur dans l'ensemble des possibilités qui interviennent dans la prise de décision. Donc, avec un modèle, comme celui de Sehraneh Ghaemi et al. [5], qu'il s'agit d'une architecture hiérarchique en logique floue, c'est-à-dire, qui contient plusieurs contrôles flous en cascade [6], il nous permet de classer les paramètres d'entrées, par exemple : la personnalité, l'âge, les conditions climatiques, les conditions du véhicule, les conditions de la chaussée, etc. Pour une meilleure précision dans le contrôle en obtenant des styles différents de conduite.

Dans ce travail, nous avons repris comme base le modèle en logique floue de Sehraneh Ghaemi et al. [5], principalement pour l'intérêt de son architecture modulaire. Nous présentons différentes améliorations de cette architecture qui, en fonction des éléments considérés, influencent les comportements pour ainsi pouvoir l'utiliser dans les simulateurs de conduite afin de représenter la grande diversité des comportements de conduite possibles.

Références :

- [1] Dirección general de transporte de España. Manual VII Psicología aplicada a la conducción. Edición 2018
- [2] Bisgambiglia, Paul-Antoine & Guelton, Kevin & Lauber, Jimmy & Marichal, Jean-Luc. La logique floue et ses applications, 2016
- [3] Hu-Chen Liua , Jian-Xin Youb , Zhi, Wu Lic , Guangdong Tian. Fuzzy Petri nets for knowledge representation and reasoning: A literature review, 2017
- [4] Jianfeng Zhou a, Genserik Reniers. Modeling and application of risk assessment considering veto factors using fuzzy Petri nets, 2020
- [5] Sehraneh Ghaemi, Sohrab Khanmohammadi, and Mohammadali Tinati. Driver's Behavior Modeling Using Fuzzy Logic, 2010
- [6] Introduction à la logique floue. Application à la commande floue. Matthieu Lescieux

Design and development of a distributed and knowledge-based control architecture to achieve operational resilience in cyber-physical production systems

Ali Attajer^{1,2,3}, Saber Darmoul¹, Sondes Chaabane², Yves Sallez² and Fouad Riane^{1,3}

¹ *Ecole Centrale Casablanca, Bouskoura Ville Verte, 27182, Casablanca, Morocco*

² *LAMIH, UMR CNRS 8201, Université Polytechnique des Hauts-de-France, UPHF, Le Mont Houy, 59313 Valenciennes, France*

³ *IMII, Hassan First University, Settat, Morocco*

Abstract:

Nowadays, production systems are subject to different types of challenges, related to fast technological evolution, unpredictable markets (e.g., demand volatility, mass customization), changes, disruptions and operational risks (e.g., unavailability and/or unreliability of resources) [1]. Accordingly, numerous research projects have developed so-called "cyber-physical production systems (CPMS)". These systems implement new concepts related to technologies that allow the construction of the factories of the future, which are capable of adapting rapidly to unexpected changes, while maintaining or even improving their competitiveness [2]. According to [3], CPMS are characterized by complex interactions between their components and subsystems. CPMS are, therefore, more than just isolated systems, they are rather systems of systems, composed of intelligent, cooperative and collaborative elements. These include physical elements (e.g., robots, machines, tools, handling systems, intelligent devices), cybernetic elements (i.e., information processing and decision support), and augmented humans, which can be connected or decoupled depending on the different situations and which are capable of autonomously performing decision-making or cognitive tasks [4]. This strong interconnection between components and subsystems makes CPMSs vulnerable to changes and perturbations [5]. Furthermore, disruptions propagate through the system components, through the phases of product [6], production and logistics life cycles [3], and through the decision layers. This propagation potentially creates operational risks, which can be detrimental to system behavior and performance and/or quality of service. To cope with these changes and disruptions, the concept of resilience has emerged. In the context of a CPMS, resilience refers to the ability of a system to withstand disruptions by maintaining system functions and structures, reducing the magnitude and duration of disrupted states, and/or responding to disruptive events/situations [7].

With Industry 4.0 technologies, CPMSs can now take advantage of the opportunities for information distribution, and decentralization of decision-making processes that the Industry 4.0 revolution offers [7]. This paradigm shift would improve resilience and some system properties, such as agility, flexibility, and adaptability [8]. Despite the emergence of distributed/decentralized control paradigms and architectures, such as multi-agent, holonic, and bionic systems [9], the management of operational disruptions and risks is still governed by predominantly centralized or hierarchical organizational modes, information systems, and control architectures that do not take advantage of the full potential and flexibility of Industry 4.0 technologies [10]. In the literature [11], [12], only a limited number of articles focus on the development of distributed architectures, where intelligent products play an active role in the control, management and organization processes of production [13]. Moreover, these references consider only limited types of disturbances and do not propose generic mechanisms, allowing to face several types of disturbances and risks in an autonomous, adaptive and resilient way [14], [15]. To the best of our knowledge, no work has been reported that analyzes the contribution of smart and active products in the operational resilience of the production system in which they are manufactured. Accordingly, the development of distributed control architectures, where smart products are able to cope with different types of disturbances and risks and help decision makers to react in an agile, flexible and resilient manner, remains an open, complex and challenging problem.

This project main contribution is the design and development of a distributed and knowledge-based control architecture exploiting product intelligence to achieve resilience, and thus be able to effectively manage disruptions and operational risks in CPMS.

References :

- [1]H. Panetto, B. Iung, D. Ivanov, G. Weichhart, and X. Wang, "Challenges for the cyber-physical manufacturing enterprises of the future," *Annual Reviews in Control*, vol. 47, pp. 200–213, 2019, doi: 10.1016/j.arcontrol.2019.02.002.
- [2]A. Napoleone, M. Macchi, and A. Pozzetti, "A review on the characteristics of cyber-physical systems for the future smart factories," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 54, no. December 2019, pp. 305–335, 2020, doi: 10.1016/j.jmsy.2020.01.007.
- [3]X. Wu, V. Goepf, and A. Siadat, "Concept and engineering development of cyber physical production systems : a systematic literature review," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 111, pp. 243–261, 2020, doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-020-06110-2>.

- [4]P. Eirinakis, G. Kasapidis, I. Mourtos, P. Repoussis, and E. Zampou, "Situation-aware manufacturing systems for capturing and handling disruptions," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 58, no. PA, pp. 365–383, 2021, doi: 10.1016/j.jmsy.2020.12.014.
- [5]S. F. Mihalache, E. Pricop, and J. Fattahi, "Resilience Enhancement of Cyber-Physical Systems: A Review," in *Power Systems Resilience*, Springer International Publishing, 2019, pp. 269–287. doi: 10.1007/978-3-319-94442-5.
- [6]M. Arjomandi Rad, R. Stolt, and F. Elgh, "System properties to address the change propagation in product realization," in *Advances in Transdisciplinary Engineering*, Sep. 2020, vol. 12, pp. 343–352. doi: 10.3233/ATDE200093.
- [7]M. Moghaddam and A. Deshmukh, "Resilience of cyber-physical manufacturing control systems," *Manufacturing Letters*, vol. 20, pp. 40–44, 2019, doi: 10.1016/j.mfglet.2019.05.002.
- [8]E. F. Colombo, G. Cascini, and O. L. De Weck, "Classification of Change-Related Ilities Based on a Literature Review of Engineering Changes," *Journal of Integrated Design and Process Science*, vol. 20, no. 4, pp. 3–23, 2016, doi: 10.3233/jid-2016-0019.
- [9]D. Trentesaux, "Distributed control of production systems," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 22, no. 7, pp. 971–978, 2009, doi: 10.1016/j.engappai.2009.05.001.
- [10]W. Shen, Q. Hao, H. J. Yoon, and D. H. Norrie, "Applications of agent-based systems in intelligent manufacturing: An updated review," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 20, no. 4, pp. 415–431, Oct. 2006, doi: 10.1016/j.aei.2006.05.004.
- [11]J. Barbosa, P. Leitao, D. Trentesaux, A. W. Colombo, and S. Karnouskos, "Cross Benefits from Cyber-Physical Systems and Intelligent Products for Future Smart Industries," *2016 Ieee 14Th International Conference on Industrial Informatics (Indin)*, no. July, pp. 504–509, 2016.
- [12]D. Trentesaux and A. Thomas, "Product-Driven Control: Concept, Literature Review and Future Trends," in *Service Orientation in Holonic and Multi Agent Manufacturing and Robotics*, vol. 472, T. Borangiu, A. Thomas, and D. Trentesaux, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 135–150. doi: 10.1007/978-3-642-35852-4.
- [13]N. Bayar, S. Darmoul, S. Hajri-Gabouj, and H. Pierreval, "Fault detection, diagnosis and recovery using Artificial Immune Systems: A review," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 46, pp. 43–57, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.engappai.2015.08.006.
- [14]O. Cardin, D. Trentesaux, A. Thomas, P. Castagna, T. Berger, and H. Bril El-Haouzi, "Coupling predictive scheduling and reactive control in manufacturing hybrid control architectures: state of the art and future challenges," *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 28, no. 7, pp. 1503–1517, 2017, doi: 10.1007/s10845-015-1139-0.
- [15]W. Derigent, D. Mcfarlane, and H. B. El-haouzi, "Intelligent products through a SOHOMA prism," in *Service Oriented, Holonic and Multi-Agent Manufacturing Systems for Industry of the Future, SOHOMA 2020.*, 2020, vol. 952, pp. 367–384. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-69373-2_26.

Pré-traitement des images brutes issues d'une caméra hyperspectrale de type "Hybrid Linescan" en vue du démixage des spectres pour des applications de surveillance de cultures agricoles

Pierre Chatelain, Gilles Delmaire, Ahed Alboody, Matthieu Puigt, Gilles Roussel

*Université du Littoral Côte d'Opale, LISIC– UR 4491, F-62228 Calais, France
prenom.nom@univ-littoral.fr*

Résumé : Depuis moins d'une décennie, des constructeurs proposent des imageurs hyperspectraux très compacts et légers, ouvrant la porte à des applications embarquées, comme par exemple l'observation de cultures par un drone. Parmi ces caméras, certains modèles basés sur l'utilisation d'une structure de filtres de Fabry-Perot, possèdent de très bonnes définitions spatiales et spectrales. Cependant, ces caméras qui construisent l'image grâce à un mouvement de balayage, nécessitent souvent des traitements importants pour construire le cube de données. Le travail proposé dans cette présentation s'intéresse particulièrement à la chaîne de pré-traitements qui concerne la construction du cube de plans spectraux à partir d'une acquisition d'images brutes issues d'une caméra de type "hybrid linescan". Ces pré-traitements précèdent donc le traitement principal de séparation des spectres pour l'analyse de l'observation des plants de pommes de terre par balayage du champ par un drone.

La caractérisation du capteur est une étape importante pour modéliser son fonctionnement. Celui-ci est composé d'une collection de bandelettes, chacune associée à un filtre de Fabry-Perot sélectionnant un intervalle de longueur d'ondes qui sensibilise le capteur de la caméra [7]. Précisons que cette disposition impose un mouvement rectilinéaire de précision lors de la phase d'acquisition. Ce mouvement est difficile à obtenir parfaitement en raison des imprécisions qui entachent la commande du drone, la géolocalisation et la définition de la trajectoire du vol. Afin de réaliser des acquisitions mieux maîtrisées, une maquette de laboratoire permet de scanner une portion de scène agricole de façon contrôlée.

Outre les artefacts radiométriques [4] et le vignettage [5], le défi majeur réside dans la résolution du décalage géométrique des différents plans spectraux afin d'obtenir un cube géométriquement cohérent. Nous nous focaliserons ici sur cet aspect. Nous mettons d'abord en évidence que l'angle d'incidence sur le capteur engendre une projection perspective des objets qui rapproche ou éloigne artificiellement certains d'entre eux selon la disparité des hauteurs des objets provoquant ainsi un mouvement non rigide de ces objets dans la scène brute. Cet effet ne peut pas être négligé à l'échelle du pixel et nécessite donc des étapes correctives basées sur des méthodes de recollage.

Généralement, le recollage d'images est effectué sur une paire d'image RVB présentant une zone de chevauchement significative avec des angles de vue différents. Une manière courante d'aborder le problème est de considérer une approche en deux étapes, basée sur l'appariement de points caractéristiques [6]. La première étape consiste à créer un ensemble candidat de paires de points en recherchant des invariants caractéristiques [1]. Cette étape est souvent suivie d'une étape de nettoyage pour générer un ensemble de points bien appariés.

L'ensemble des points ainsi obtenu permet ensuite l'alignement des images RVB à l'aide d'une transformation globale des points à partir d'une sélection des paires de points de référence [2]. Cependant, des erreurs d'alignement persistent lors de la transformation globale, le modèle homographique n'étant pas approprié en raison des différences de niveaux des points de la scène. Pour contourner ce problème, plusieurs auteurs proposent des modèles de projections locales comme as-projective-as-possible [8] ou shape-preserving-half-projective [3].

Ces techniques ne sont donc pas directement applicables à une paire de cubes hyperspectraux car chaque pixel contient approximativement 200 bandes qui ne peuvent être réalignées indépendamment. De façon alternative, un plan spectral est choisi comme référence, et les points caractéristiques sont extraits et appariés avec les plans correspondant des autres cubes. Les plans de référence sont recollés à partir d'un seul modèle et les autres plans sont alors recollés avec ce même modèle en supposant qu'au sein d'un cube, les plans spectraux soient déjà alignés [9].

Dans notre cas, l'extraction des points caractéristiques est impossible depuis les images brutes, car une image comporte beaucoup de bandes spectrales ayant chacune ses propres spécificités. C'est pourquoi nous construisons un premier cube où des mauvais alignements entre plans persistent. En réalité, contrairement aux méthodes classiques de recollage d'images ou de cubes, nous utilisons une collection de modèles pour réaligner nos plans sur celui de référence. Cependant, la recherche des points caractéristiques demeure fastidieuse car manuelle. Dès lors, une extrapolation de la position de quelques points caractéristiques dans quelques couches spectrales apparaît être une solution intéressante pour rendre automatique la procédure de sélection de points.

Nous proposons donc deux méthodes approximatives de reconstruction de cubes qui se basent toutes sur l'hypothèse d'un mouvement linéaire du capteur (obtenu dans le cas de l'expérience contrôlée en laboratoire) mais considèrent deux points de vue différents. La première est basée sur des décalages heuristiques entre les images brutes tandis que la seconde s'appuie sur la physique du capteur. Néanmoins, les couches spectrales obtenues

présentent toujours des erreurs d'alignement en raison de l'angle de visée et des différences de hauteur. La couche de référence ayant été définie comme celle correspondant aux rayons incidents verticaux, chaque couche est donc recalée sur la référence en lui appliquant un modèle de déformation spécifique à la couche. Une étude comparative des performances des différents modèles de déformation est réalisée afin d'évaluer la qualité de l'étape correctrice.

Références :

- [1] Herbert Bay, Tinne Tuytelaars, and Luc Van Gool. "Surf: Speeded up robust features". In: *European conference on computer vision*. Springer. 2006, pp. 404–417.
- [2] Matthew Brown and David G Lowe. "Automatic panoramic image stitching using invariant features". In: *International journal of computer vision* 74.1 (2007), pp. 59–73.
- [3] Che-Han Chang, Yoichi Sato, and Yung-Yu Chuang. "Shape-preserving half-projective warps for image stitching". In: *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2014, pp. 3254–3261.
- [4] Thomas Goossens et al. "Spectral Shift Correction for Fabry-Perot Based Spectral Cameras". In: *2019 10th Workshop on Hyperspectral Imaging and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing (WHISPERS)*. IEEE. 2019, pp. 1–6.
- [5] Thomas Goossens et al. "Vignetted-aperture correction for spectral cameras with integrated thin-film Fabry-Perot filters". In: *Applied optics* 58.7 (2019), pp. 1789–1799.
- [6] Jiayi Ma et al. "Robust feature matching for remote sensing image registration via locally linear transforming". In: *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 53.12 (2015), pp. 6469–6481.
- [7] Nicolaas Tack et al. "A compact, high-speed, and low-cost hyperspectral imager". In: *Silicon Photonics VII*. Vol. 8266. International Society for Optics and Photonics. 2012, 82660Q.
- [8] Julio Zaragoza et al. "As-projective-as-possible image stitching with moving DLT". In: *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2013, pp. 2339–2346.
- [9] Yujie Zhang et al. "Automatic Stitching for Hyperspectral Images Using Robust Feature Matching and Elastic Warp". In: *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 13 (2020), pp. 3145–3154.

Energy-optimal control for eco-driving

Ahmed BENTALEB^{1,2}, **Ahmed EL HAJJAJI**¹, **Abdelhamid RABHI**¹, **Asma KARAMA**².
1-MIS Laboratory UPJV(Amiens-France), 2-GIESI Team UCA (Marrakech-Maroc).

Résumé :

The increasing numbers of vehicles and the growing level of stringent regulations on exhaust emissions have galvanized automotive industries and researchers into developing solutions for more economical vehicles [1], [2]. One of the most important solutions taken to increase energy efficiency is 'Eco Driving' [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10]. This latter is adopting an eco-conscious driving style with the potential to reduce energy consumption in an easy and cost-effective way, [8], [9]. Formulate eco-driving strategy as an optimal control problem to find the real optimal (most energy-efficient) driving behavior under the presence of traffic (V2X) is still a big challenge in view of that different and complicated scenarios might be considered and multi-objective problem can be addressed. In our presentation, we formulate eco-driving problem as an optimal control problem to optimize both the vehicle velocity and gear position in order to improve fuel efficiency and safe security [1].

Références :

- [1] Ahmed BENTALEB, Ahmed EL HAJJAJI, Abdelhamid RABHI, Asma KARAMA. Energy-optimal control for eco-driving. Submission to ACC 2022.
- [2] Obereigner, Gunda and Polteraer, Philipp and del Re, Luigi. "A Two-Layer Approach for Ecodriving under Traffic". *2020 American Control Conference (ACC)*, 2282--2287, 2020
- [3] Huang, Ke and Yang, Xianfeng and Lu, Yang and Mi, Chunting Chris and Kondlapudi, Prathyusha. "Ecological driving system for connected/automated vehicles using a two-stage control hierarchy". *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(7), 2373--2384, 2018
- [4] Weissmann, Andreas and Ojeda, Daniel and Lin, Xiaohai. "Energy-optimal adaptive cruise control based on model predictive control". *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 12563--12568, 2017
- [5] Ding, Feng, and Hui Jin. "On the optimal speed profile for eco-driving on curved roads." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(12), 2018.
- [6] Jia, Yanzhao, Rabee Jibrin, and Daniel Görge. "Energy-optimal adaptive cruise control for electric vehicles based on linear and nonlinear model predictive control." *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 69(12), 2020
- [7] Maamria, Djamaledine and Gillet, Kristan and Colin, Guillaume and Chamaillard, Yann and Nouillant, Cédric. "Optimal Predictive Eco-Driving Cycles for Conventional, Electric, and Hybrid Electric Cars, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 68(7), 6320--6330, 2019
- [8] Sciarretta, Antonio and De Nunzio, Giovanni and Ojeda, Luis Leon. "Optimal ecodriving control: Energy-efficient driving of road vehicles as an optimal control problem". *IEEE Control Systems Magazine*. 35(5), 71--90, 2015.
- [9] Padilla, GP and Weiland, Siep and Donkers, MCF. "A global optimal solution to the eco-driving problem". *IEEE control systems letters*, 2(4), 599--604, 2018.
- [10] Turri, Valerio and Besselink, Bart and Johansson, Karl H. "Cooperative look-ahead control for fuel-efficient and safe heavy-duty vehicle platooning". *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 25(1), 12--28, 2016

Local trajectory planning for autonomous vehicle integrated in an autonomous driving system

Abdallah Said^{a,b}, Reine Talj^a, Clovis Francis^b, Hassan Shraim^b

^aUniversité de Technologie de Compiègne, CNRS, Heudiasyc, France - ^bUniversité Libanaise, CRSI, Liban.

Abstract—For nearly two decades, autonomous vehicles have been an important area of academic and industrial research that aims to improve vehicles safety and passenger’s comfort. Various competitions have been organized around the autonomous vehicle: The *DARPA* challenges in the United States (2004, 2005, 2007), the Korean competitions for autonomous vehicles, the European *GCDC* competitions (2013, 2016), and many others. Autonomous driving can be divided into different stages: environment perception and localization, trajectory planning, and vehicle control. Trajectory planning is one of the most complex tasks that should be accomplished in order to ensure vehicle autonomous driving. It must generate a smooth and safe trajectory based on several criteria. To treat this problem, the perception module must provide information about the vehicle’s environment, then, by applying the planning algorithm, an optimal trajectory is generated. Finally, the vehicle’s controller ensures tracking the chosen trajectory by generating the reliable control laws.

Different trajectory planning approaches have been developed for the navigation of autonomous vehicles [1], [2]. They differ in how they deal with the environment and the vehicle dynamics limitations. According to literature, there are four well-known approaches of trajectory planning methods: grids generalization, sampling-based planning, numerical optimization methods and curve interpolation methods. The bibliographic study allowed us to choose the reactive approach proposed by [3] to ensure autonomous navigation in an uncertain context. Several improvements are proposed taking into consideration road driving conditions. The navigation strategy is composed of several stages. First, the planning algorithm generates a finite number of candidates, each of which has a distinct lateral offset from the reference path to cover the entire width of the road (see Fig. 1). Secondly, an obstacle detection procedure is carried out. We generate a classification area formed by the footprint of the vehicle along the path candidate until reaching the first obstacle. The next step is to classify candidate paths,

according to the navigable distance, into three classes: non, partially or fully navigable path. Thirdly, the navigable paths are evaluated according to various criteria including smoothness, safety, consistency with the initial state of the vehicle and tracking of the reference trajectory. Once these criteria are estimated by a cost and combined in a weighted cost function, the best desired path is either the optimal one, with minimal cost, if there are executable and navigable paths, or, if there are none, the path who has the greatest distance to the obstacle with braking action. The desired path is represented by a series of points defined by the curvilinear abscissa, x and y coordinates, velocity and curvature.

This local trajectory planning algorithm has been developed with several improvements proposed on the method of generating the candidate paths and on the cost criteria. It treats now multi-lane structured environments. A decision step has been added to deal with overtaking maneuvers and handles moving obstacles. This algorithm is implemented in an autonomous driving system where several modules were developed such as reference generation, map matching, perception and control. The validation of the proposed system including the local trajectory planning algorithm is performed using a professional driving simulator *SCANeR* studio thanks to the co-simulation with *Simulink*. The results show that the planning algorithm provides an optimal trajectory that pushes the vehicle to the reference trajectory while avoiding static and mobile obstacles and ensuring the safety and comfort of passengers.

As the selection of the optimal trajectory among candidates is based on different criteria, each of them being described by a cost function, we try to find the optimal weighting coefficients range for the cost function of the planning algorithm, in order to render the algorithm as generic as possible against various driving conditions. To do that, an optimization study is done: the role of each cost has been studied and its influence in choosing the best candidate path has been analyzed and understood. This study shows that the planning algorithm is robust to the variation of the cost weighting, which represents a significant advantage for encountering various driving situations and conditions in a dynamic environment, without the need to adjust the tuning of the planning algorithm.

REFERENCES

- [1] Dixit, S., Fallah, S., Montanaro, U., Dianati, M., Stevens, A., Mccullough, F., Mouzakitis, A. (2018). Trajectory planning and tracking for autonomous overtaking: State-of-the-art and future prospects. *Annual Reviews in Control*, 45, 76-86.
- [2] Katrakazas, C., Quddus, M., Chen, W. H., Deka, L. (2015). Real-time motion planning methods for autonomous on-road driving: State-of-the-art and future research directions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 60, 416-442.
- [3] CHU, Keonyup, LEE, Minchae, et SUNWOO, MyoungHo. Local path planning for off-road autonomous driving with avoidance of static obstacles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2012, vol. 13, no 4, p. 1599-1616.
- [4] Said, A., Talj, R., Francis, C., and Shraim, H. (2021, September). Local trajectory planning for autonomous vehicle with static and dynamic obstacles avoidance. In *2021 IEEE International Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)* (pp. 410-416). IEEE.

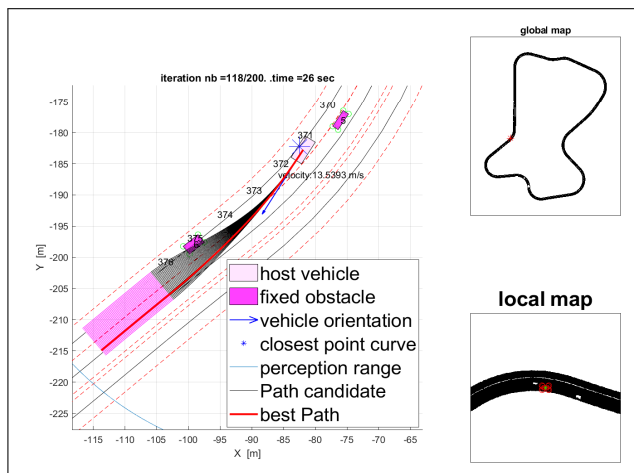


Fig. 1. Trajectory planning: simulation environment

Titre : Coopération évolutive entre le conducteur et le véhicule automatisé basée sur une approche par apprentissage progressif

Listes des auteurs : Mohamed Radjeb Oudainia, Chouki Sentouh, Anh-Tu Nguyen, Jean-Christophe Popieul

Affiliation des auteurs : Laboratoire LAMIH-UMR CNRS 8201, Université polytechnique Hauts-de-France (UPHF) de Valenciennes, France.

Résumé :

Aujourd'hui, les systèmes d'aide à la conduite peuvent assister le conducteur dans des situations simples comme le maintien de voie et le contrôle de l'inter-distance. Le défi est d'améliorer ces systèmes pour qu'ils puissent assister le conducteur dans des situations plus complexes comme le changement de voie, le rond-point et l'insertion tout en gardant l'humain dans la boucle.

Le projet ANR CoCoVeA [1] a posé les bases d'un système coopératif d'assistance au conducteur pour le véhicule automatisé. Une architecture permettant la coopération au niveau tactique et au niveau du contrôle a été développée et validée pour la manœuvre de changement de voie. La validation du système sur simulateur a démontré l'intérêt de partager la conduite entre le conducteur et l'automate, mais elle a également révélé une limite. Dans les mêmes situations, le conducteur doit toujours appliquer les mêmes corrections. Le système n'apprend pas. Dans [2], une notion de personnalisation des changements de voies a été proposée en utilisant des réseaux de neurones où son développement se fait hors ligne. Ce type d'approche nécessite une très grande base de données, et comme le réseau de neurones est une boîte noire il y a aussi un problème d'interprétation et de confiance [3].

Dans ce travail, une nouvelle architecture et stratégie pour une coopération évolutive entre le conducteur et le véhicule automatisé est proposée, en intégrant dans le système de conduite une capacité d'auto-apprentissage, basée sur les actions réalisées par le conducteur dans diverses situations pendant les phases de conduite partagée et manuelle en temps réel. Ceci permet de personnaliser le fonctionnement des systèmes automatisés du véhicule en fonction des souhaits de chaque conducteur. Pour comprendre les actions effectuées par le conducteur, un modèle décrivant à la fois ses mécanismes décisionnels et sensori-moteurs est nécessaire. Dans [4,5], un modèle cybernétique de conducteur pour le contrôle de trajectoire qui intègre explicitement la dynamique neuromotrice est proposé. Afin d'analyser et de prédire ses intentions, une identification paramétrique en temps réel du modèle de conducteur est effectuée à l'aide de la méthode des moindres carrés récursifs [6].

Références :

- [1] M. A. Benloucif, "Coopération homme-machine multi-niveau entre le conducteur et un système d'automatisation de la conduite," PhD Thesis, Université Polytechnique Hauts-de-France, 2018
- [2] B. Zhu, J. Han, J. Zhao, and H. Wang, "Combined hierarchical learning framework for personalized automatic lane-changing," IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., early access, May 8, 2020, doi:10.1109/TITS.2020.2990787
- [3] Benoît Virole, "Etude prospective des applications possibles des réseaux de neurones formels dans le traitement des données psychométriques," Editions du Centre de Psychologie Appliquée, pp. 13, 2001
- [4] C. Sentouh, P. Chevrel, F. Mars and F. Claveau, "A Human-Centred Approach of Steering Control Modelling," Proceedings of the 21st IAVSD Symposium on Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks, pp. 1-12, 2009.
- [5] Bi L, Wang M, Wang C, et al. Development of a driver lateral control model by integrating neuromuscular dynamics into the queuing network-based driver model. IEEE trans Intell Transp Syst 2015; 16(5): 2479–2486.
- [6] Raluca Liacu. Identification de systèmes linéaires à paramètres variant : différentes approches et mises en oeuvre.. Autre. Supélec, 2014. Français. ffNNT : 2014SUPL0018ff. fftel-01123741

Title : **Fault tolerant control with delays systems: Application to a PEMFC system**

Zina BOUGATEF¹, Haoping WANG¹, Abdel AITOUCHE²

¹Sino-French International Joint Laboratory of Automatic Control and Signal Processing Nanjing University of Technology and Science, Nanjing, 210094, China.

²CRISTAL UMR CNRS 9189, Junia, Lille, :abdel.aitouche@junia.com

Abstract :

Most of approaches are not suitable for the estimation of hydrogen and oxygen mass flow which are useful for the safety of PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) . Consequently, the problem control, observation, diagnosis has been one of the main interests for many researchers during the recent years such as [1], [2] which do not take account on the time delays.

Time-delay often appears in many control systems such as chemical reactions, mechanical systems, electrical circuits and many other processes control systems. These delays are due to various reasons such as transportation, communication protocols, transmission or inertia effects. In many cases, time delay systems are source of instability. The stability issue and the performance of control systems with delay are, therefore, both of theoretical and practical importance. Observer design for time-delay systems appears a stabilization problem since the observation error dynamics must be stabilized using only partial state measurements. Compared with full-state feedback stabilization, the stabilization using partial state is in the general case a quite hard problem. For further results on observation of time-delay systems. Referring to many results on observation of time-delay systems, by according to their existence conditions, can be classified into two main categories: delay-independent and delay-dependent ones [3]. However, delay-dependent results expose less conservative than delay-independent ones. Nevertheless, in most cases, a small delay is tolerable to maintain stability by output feedbacks. Besides, the uncontrolled PEMFC affects the output performance. In recent years, many results have been reported on FTC. Some papers deal with a review of fault tolerant control strategies applied to proton exchange membrane fuel cell systems [4] and developed an evaluation and fault tolerant control of a floating interleaved boost converter for fuel cell systems, and also a FTC strategy for proton exchange membrane (PEM) fuel cells based on the use of virtual actuators and the Takagi-Sugeno (TS) approach is proposed [5]. All those controllers aim to increase the transient performance of PEMFC but they do not take account of the time delay appearing obviously in the PEMFC.

The main innovations of this article are the fault diagnosis and fault tolerant control problem of LPV systems with varying time-delay by using the descriptor approach with the measurement of mass flow oxygen. The unknown input observer depends to the time-delay created in the studied system. The existence and the convergence of the UIO are obtained using the Lyapunov theory. The observer gains are calculated in presence of the delayed measurement.

References :

[1] A. Aitouche, Q. Yang, and B. Ould Bouamama, "Fault detection and isolation of PEM fuel cell system based on nonlinear analytical redundancy: An application via parity space approach," *The European Physical Journal-Applied Physics*, vol. 54, no. 2, 2011.

[2] E. Kamal, A. Aitouche, R. Ghorbani, and M. Bayart, "Robust fuzzy fault-tolerant control of wind energy conversion systems subject to sensor faults," *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 3, no. 2, pp. 231–241, 2012

[3] M. S. Mahmoud, *Robust control and filtering for time-delay systems*. CRC Press, 2000.

[4] E. Dijoux, N. Y. Steiner, M. Benne, M.-C. Péra, and B. G. Pérez, "A review of fault tolerant control strategies applied to proton exchange membrane fuel cell systems," *Journal of Power Sources*, vol. 359, pp. 119–133, 2017.

[5] D. Rotondo, F. Nejari, and V. Puig, "Fault tolerant control of a proton exchange membrane fuel cell using Takagi–Sugeno virtual actuators," *Journal of Process Control*, vol. 45, pp. 12–29, 2016.

Perception multimodale des vulnérables pour la conduite autonome en environnement urbain

BREBION Vincent, DAVOINE Franck, MOREAU Julien

Université de technologie de Compiègne, CNRS, Heudiasyc, CS 60 319 – 60 203 Compiègne Cedex, France

Résumé :

Autonomous driving in open, uncontrolled environments calls for deep understanding abilities from the self-driving vehicle, to make it able to navigate safely. This understanding process requires the detection and recognition of potential obstacles. The use of perception sensors allows for such capabilities, especially powered by the recent rise of machine-learning-based methods, reaching never-achieved-before heights in recognition tasks. Most of the results from the literature, however, were achieved in favorable conditions (adequate lighting and weather, clearly visible objects), which only represent a fraction of the real-life situations a driver is confronted with. Recent studies have particularly shown the limits of these approaches in more complex conditions (at dawn/dusk, during rain/snow, when the vulnerable user is partially occluded by another object or very close to the ego-vehicle, ...), raising multiple safety questions [1], [2]. In parallel, the navigation in urban environments has been deeply changing over the past few years, with the rise of soft mobility solutions (bicycles, scooters, skateboards, rollerblades, hoverboards, ...). While they allow for more flexible movements in urban areas, they especially put their user at risk in case of a collision with a traditional vehicle. This risk is further amplified by the erratic behavior these users may have: slaloming between cars, alternating between the use of the road and the sidewalks, not respecting the road markings, navigating close to the other vehicles, etc.

As an answer to these issues, the objective of the thesis is to reinforce the detection of these vulnerable users in difficult visual conditions typical in urban environments. To reach it, two complementary approaches are employed:

- the use of novel sensors (e.g., event-based cameras, lidars), opening new perception capacities, even in complex lighting and/or weather conditions;
- the use of multi-sensor fusion techniques, allowing for safety, redundancy, and better and more stable detection results.

While event-based cameras do not represent the only central component that is planned to be used for improving the detection of vulnerable users, their recency and their ever-growing rise in popularity makes them highly attractive in the field of computer vision as of today. Furthermore, while these sensors were limited to low-resolutions in the past, new high-definition ones have started to emerge in 2020 [3], opening new usage perspectives. The focus for the first year of PhD thesis was therefore set on these cameras, and in particular on their use for computing optical flow. This optical flow issue indeed constitutes a central problem in the field of computer vision, and it is a key enabler for other applications, including especially the object detection and recognition issues.

Thus, as part of this first year, we developed a framework, allowing for the real-time computation of optical flow with both low- and high-resolution event-based sensors. While the real-time constraint limited us in the complexity of our approach, we still were able to achieve optical flow results close to the non-real-time state of the art for low-definition event cameras, and were also able to show the correctness of our results for complex high-definition recordings. Respecting the real-time constraint especially allows our method to be deployed in the wild, and particularly on autonomous vehicles. We present in Fig. 1 visual results of our method on a high-definition urban sequence.

As part of this work, a publication titled “Real-Time Optical Flow for Low- and High-Resolution Event Cameras” has been submitted to IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems in July 2021, and is currently being reviewed.

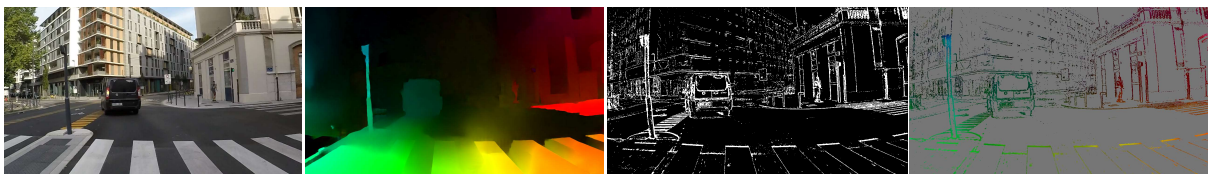


Fig. 1: Optical flow results, for an urban sequence. From left to right: reference RGB image; optical flow reference computed from this image using a state-of-the-art optical flow network (RAFT [4]); events received from the event-based sensor and accumulated over a short temporal window (white pixels); our optical flow results from them (zones in gray represent pixels for which no event was received, and therefore no flow was computed). Notice especially how our optical flow results are visually close to the frame-based reference.

Références :

- [1] B. A. T. Brown *et al.*, “The trouble with autopilots: Assisted and autonomous driving on the social road,” Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2017.
- [2] T. S. Combs *et al.*, “Automated vehicles and pedestrian safety: Exploring the promise and limits of pedestrian detection.” American journal of preventive medicine, vol. 561, pp. 1–7, 2019.
- [3] T. Finateu *et al.*, “A 1280x720 back-illuminated stacked temporal contrast event-based vision sensor with 4.86 μ m pixels, 1.066GEPS readout, programmable event-rate controller and compressive data-formatting pipeline,” IEEE International Solid- State Circuits Conference (ISSCC), pp. 112–114, 2020.
- [4] Z. Teed *et al.*, “RAFT: Recurrent all-pairs field transforms for optical flow,” in ECCV, 2020, pp. 402–419.

Fusion par régression linéaire-circulaire multiple: Application à l'altimétrie par bouée GNSS

Hatchouelou Kant Williams Kouassi, Georges Stienne, Serge Reboul

*Laboratoire d'Informatique, Signal et Image de la Côte d'Opale (LISIC),
Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), Calais, France; email : hkouassi@univ-littoral.fr*

L'observation des océans est au cœur de nombreuses recherches. Diverses publications ont montré qu'un suivi précis des niveaux de la mer permet de contribuer à la compréhension de l'évolution climatique. Ce suivi se fait notamment à l'aide de missions altimétriques satellitaires qui émettent des signaux et déduisent la hauteur d'eau à l'aide du temps d'aller-retour mis par l'onde émise [1]. Comme le niveau de la mer varie lentement, les altimètres utilisés doivent être très précis. Cette précision est obtenue à partir d'une bonne calibration de ces altimètres.

Plusieurs propositions ont été faites dans la littérature pour le calibrage de missions altimétriques satellitaires. On peut notamment citer l'utilisation de bouées GNSS par les instituts français SHOM, INSU, IPGP et celle de l'Observatoire de la Côte d'Azur [2]. Les systèmes reposant sur ces bouées utilisent des techniques de positionnement différentiel classiques comme le RTK ou le PPP pour les mesures des niveaux de la mer. Ces techniques nécessitent un temps d'intégration long pour fournir un positionnement de la bouée avec une précision de l'ordre de la dizaine de centimètres.

Dans le cadre de cette étude, nous proposons un système différentiel de bouée GNSS pour la calibration des altimètres satellitaires. Dans notre approche, nous considérons comme observable la différence de phase entre les signaux GNSS reçus par une antenne sur un mât et ceux reçus par une antenne sur une bouée [3]. Les données collectées sur les deux antennes sont ensuite numérisées dans un récepteur où le traitement du signal est effectué. On montre que cette différence de phase évolue suivant un modèle linéaire-circulaire multiple. Ce modèle dépend de trois paramètres qui définissent la position relative de la bouée par rapport à l'antenne sur le mât.

Dans ce travail, nous proposons un estimateur circulaire de régression multiple qui fusionne les différences de phases observées par plusieurs satellites [1,4]. Notre estimateur est évalué sur des données synthétiques et réelles. On montre sur les données synthétiques que la précision obtenue est de l'ordre du centimètre pour un temps d'intégration réduit, de l'ordre de la centaine de millisecondes [5]. Ce résultat est confirmé sur des données réelles à partir d'une étude statistique des résultats d'expérimentations réalisées sur plusieurs jours.

Références :

- [1] Jean-Christophe Kucwaj, Serge Reboul, Georges Stienne, Jean-Bernard Choquel, and Mohammed Benjelloun. Circular regression applied to gnss-r phase altimetry. *Remote Sensing*, 9 :651, 2017.
- [2] Marégraphie par bouée GNSS. Documentation du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM), <http://refmar.shom.fr/fr/documentation/instrumentation/bouee-gnss>
- [3] Miguel Angel Ribot, Jean-Christophe Kucwaj, Cyril Botteron, Serge Reboul, Georges Stienne, Jérôme Leclère, Jean-Bernard Choquel, Pierre-André Farine, and Mohammed Benjelloun. Normalized gnss interference pattern technique for altimetry. *Sensors*, 14(6) :10234–10257, 2014
- [4] G. Stienne, S. Reboul, M. Azmani, J.B. Choquel, and M. Benjelloun. A multi-temporal multi sensor circular fusion filter. *Information Fusion*, 18 :86100, 2014
- [5] Hatchouelou Kant Williams Kouassi, Hamza Issa, Georges Stienne, and Serge Reboul, "A linear-circular regression estimate for data fusion: Application to GNSS carrier-phase signal processing," *Digital Signal Processing*, vol. 117, pp. 103172, 2021.

Landing of a fixed-wing unmanned aerial vehicle in a limited area

Armando Alatorre^{1,2}, Pedro Castillo¹, and Rogelio Lozano^{1,2}

¹Université de technologie de Compiègne, CNRS Heudiasyc (Heuristics and Diagnosis of Complex Systems), CS60319 – 60203 Compiègne Cedex, France.

²Center of Research and Advanced Studies of the National Polytechnic Institute (CINVESTAV-IPN), Ciudad de Mexico, Mexico.

In recent decades, the use of fixed-wing unmanned aerial vehicles has increased for their ability to perform flight missions of high altitudes, long distances, high speed, and their durability in terms of flight time. In addition, the fixed-wing vehicles' main applications are photogrammetry, land surveying, agriculture activities, ground vehicle tracking, search, rescue, package delivery, and collecting data over Wireless Sensor Network (WSN).

Nevertheless, fixed-wing drone accidents commonly occur in the process of landing, caused by crosswinds or by the inexperience of the drone pilots. As a reference, about 50% of the Hunter and Pioneer fixed-wing UAV operated for USA Army, suffer accidents during landing. As for Pioneer UAVs, almost 70% of the accidents occur during landing due to human factors [1]. Therefore, it has been desired to automate the UAV landing process to reduce the number of accidents.

An autonomous landing of a fixed-wing drone on a large surface (runway) is a challenge. If the goal is to land the drone in a reduced area, there is a major challenge. The landing problem in a reduced area is being studied such that the recovery systems found in the literature are focused on leading a fixed-wing drone to a target such that the vehicle impacts over inflatables or the vehicle hooks with mechanisms to be braked. However, these maneuvers are aggressive and increase the possibility of damaging the vehicle structure.

In the recovery systems, some authors exposed that the challenge is to reduce the kinetic energy of the system when it is flying. From literature, it can be appreciated some works where authors develop acrobatic maneuvers to reduce the airspeed in fixed-wing vehicles. A maneuver of interest, which is developed by some aerobatic aircraft is Pugachev's Cobra maneuver. It consists of reducing the airspeed by drastically increasing the angle of attack, which allows dissipating the kinetic energy [2]. Here, the aircraft achieves angles beyond the critical angle of attack, and then the aircraft recovers its flight. This is possible because of its aerodynamic capacities to generate lifting force when the vehicle reaches higher angles than the critical point. Nevertheless, this maneuver is impossible to develop by classic fixed-wing airplanes since one limitation is that they can lose lifting properties, their controllability, or both.

The thesis objective is to develop a safety recovery system for the landing of a fixed-wing unmanned aerial vehicle with a classical configuration in a limited area. The main challenge is focused on the design of airspeed reduction maneuvers, avoiding the loss of controllability.

We propose an airspeed reduction strategy for a fixed-wing drone with a classical configuration. This strategy is inspired by the birds' biomaneuvers. The birds extend their wings and incline the body to gain drag force and absorb the kinetic energy, reducing their velocity before perching on the trees.

The strategy involves three flight regimes: cruise flight, ascending trajectory, and flight recuperation.

Initially, the aircraft performs a cruise flight, keeping a fixed airspeed and a constant altitude. For this, a desired pitch angle is computed using the Lyapunov analysis to stabilize the altitude. After that, the aircraft will track the ascending trajectory in unaccelerated flight conditions. The trajectory is designed to increase the angle of attack of the vehicle until its critical angle, maintaining the lift force and at the same time increasing its drag force. For this flight regime, the critical angle of attack must be determined since it is a reference parameter to obtain the maximum airspeed reduction before of loss the controllability. Once the minimum velocity is reached, the control algorithm changes to the recovery flight stage. It reduces the angle of attack of the aircraft, avoiding the stall effects, and developing a climbing flight. The Lyapunov theory is used in each stage to converge the states of the vehicle to the desired values.

This control strategy allows the recovery systems to propose soft maneuvers to recuperate the drone during the flight, guaranteeing a safe landing in several environments. Therefore, it provides a solution to one of the limitations of the fixed-wing drone, avoiding damage in the vehicle mechanics.

References:

- [1] Huh, S., & Shim, D. H. (2010). A vision-based automatic landing method for fixed-wing UAVs. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 57(1-4), 217.
- [2] M.Moghadam, N.K.Ure, and G.Inalhan, "Autonomous Execution of Aircraft Supermaneuvers with Switching Nonlinear Backstepping Control," 2018 AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference, 2018, pp. 1594.

Observer Based Adaptive Control for Swing Damping of a Suspended Payload on a Fully-actuated Hexacopter UAV

Jorge M. Arizaga¹, Herman Castañeda¹, Pedro Castillo²

¹ *Tecnologico de Monterrey, School of Sciences and Engineering, Av. Eugenio Garza Sada 2501 Sur, 64849. Monterrey, México.*

² *Université de Technologie de Compiègne, CNRS, Heudiasyc (Heuristics and Diagnosis of Complex Systems), CS 60 319 - 60 203 Compiègne Cedex.*

Résumé :

In the last decade, advances in technology have contributed to an increase in scientific research of unmanned aerial vehicles (UAVs), and their integration in industrial, civilian, and military applications. These systems have attractive features to perform complex maneuvers and challenging aerial tasks. Some of these are the delivery service by commercial companies as described in [1], and the transportation of payloads in emergencies and natural disaster assistance, as found in [2] and [3]. Moreover, they have attracted the attention of health authorities for their potential worth in the transport of vaccines [4].

The use of a cable to carry a payload is suitable in specific situations, such as when it is desired to transport and deliver it even without the need to land the aircraft. However, the cable is a relatively simple mechanism without actuators, where the main drawback for the payload is its susceptibility to oscillations. Therefore, there is a variety of published research proposing multirotor UAVs for payloads transported suspended by a cable, where one of the most addressed topics is the study of strategies for payload swing reduction. For instance, in [5] the authors propose to reduce the oscillations for a payload carried by a quadrotor type UAV (Quad-UAV), by generating an optimal trajectory between two points. In addition, an under-actuated hexacopter UAV (UA-Hex), managed by a non-linear backstepping based controller, is presented in [6], with results on rejecting the wind disturbances and payload swing reduction. However, in some studied techniques, measurement of the payload motion is required to feedback the controller.

To solve the difficulties associated with the measurement of the suspended payload motion, other strategies are proposed. For example, in [7] is presented a passivity-based control scheme for the reduction of payload oscillations for a Quad-UAV, with the advantage of not requiring the measurement of the oscillation. Moreover, in [8] is proposed an uncertainty and disturbance estimator-based control, for trajectory tracking of a Quad-UAV carrying a payload, where the path following is performed even in the presence of wind disturbances. Likewise, in [9] a control scheme for a Quad-UAV is proposed, where using a disturbance observer and an extended state observer, it is possible to estimate and compensate the swinging motion of a payload. Furthermore, in [10] the authors present a scheme of two nonlinear controllers where the existing coupling between the payload dynamics and the translational motion of a Quad-UAV is exploited to reduce the oscillations when performing a trajectory.

A common feature in schemes [5-10] is that they all use under-actuated UAV multirotors (UA-UAVs). This represents a structural and control disadvantage, because to move or to reject horizontal disturbances, they need to vary their attitude and thrust. However, some aerodynamic modifications to UA-UAVs have been studied to make them fully-actuated UAVs (FA-UAVs) and improve their flight performance [11]. In [12] is conceived a hexacopter having a passive inclination of 20 degrees in each of its motors, allowing it to exert forces in all directions. Motivated by this feature, in [13] we developed an adaptive sliding mode control (ASMC) scheme for a fully actuated hexacopter (FA-Hex) flight tracking, proving the ability to perform aircraft displacement without the need to tilt its body. In addition, the ASMC controller provides robustness to uncertainties and external perturbations, while allowing adaptability of control gains and providing a reduction of the chattering effect [14].

Despite the considerable number of studies on the transport of suspended payloads using UA-UAVs, the available research using FA-UAVs for this application is limited. Therefore, we propose in this work a suspended-payload swing attenuation control scheme for a FA-Hex. In this approach we use a disturbance estimator based on an extended high gain observer (EHGO), which acts as a soft-sensor that allows to know the dynamics of the payload, avoiding the necessity of a physical sensor [15]. Since the suspended payload dynamics and the horizontal displacement of the aircraft are coupled, we consider a FA-Hex position controller based on the adaptive sliding mode strategy which uses the extended high gain observer (EHGO-ASMC) payload swing estimation. Then, it is feedbacked to the controller to adjust the Fa-Hex trajectory and dampen the payload oscillation. Additionally, a standard ASMC control is used to manage the attitude. Our proposal is evaluated through numerical simulations, in two different scenarios subject to perturbations over the hexacopter and the payload. The results demonstrate the performance of the closed-loop control scheme, allowing it to follow a defined trajectory while damping the oscillation of the suspended payload.

Références :

- [1] Ruggiero, F., Lippiello, V., & Ollero, A. (2018). Aerial Manipulation: A Literature Review. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(3), 1957–1964. <https://doi.org/10.1109/LRA.2018.2808541>
- [2] Villa, D. K. D., Brandão, A. S., & Sarcinelli-Filho, M. (2018). Load Transportation Using Quadrotors: A Survey of Experimental Results. 2018 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 84–93. <https://doi.org/10.1109/ICUAS.2018.8453296>
- [3] Villa, D. K. D., Brandão, A. S., & Sarcinelli-Filho, M. (2020). A Survey on Load Transportation Using Multirotor UAVs. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 98(2), 267–296. <https://doi.org/10.1007/s10846-019-01088-w>
- [4] Haidari, L. A., Brown, S. T., Ferguson, M., Bancroft, E., Spiker, M., Wilcox, A., Ambikapathi, R., Sampath, V., Connor, D. L., & Lee, B. Y. (2016). The economic and operational value of using drones to transport vaccines. *Vaccine*, 34(34), 4062–4067. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.06.022>
- [5] Hashemi, D., & Heidari, H. (2020). Trajectory Planning of Quadrotor UAV with Maximum Payload and Minimum Oscillation of Suspended Load Using Optimal Control. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 100(3), 1369–1381. <https://doi.org/10.1007/s10846-020-01166-4>
- [6] Klausen, K., Fossen, T. I., & Johansen, T. A. (2017). Nonlinear Control with Swing Damping of a Multirotor UAV with Suspended Load. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 88(2), 379–394. <https://doi.org/10.1007/s10846-017-0509-6>
- [7] Guerrero-Sánchez, M. E., Mercado-Ravell, D. A., Lozano, R., & García-Beltrán, C. D. (2017). Swing-attenuation for a quadrotor transporting a cable-suspended payload. *ISA Transactions*, 68, 433–449. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.isatra.2017.01.027>
- [8] Qian, L., & Liu, H. H. T. (2020). Path-Following Control of A Quadrotor UAV With A Cable-Suspended Payload Under Wind Disturbances. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 67(3), 2021–2029. <https://doi.org/10.1109/TIE.2019.2905811>
- [9] Guo, K., Jia, J., Yu, X., Guo, L., & Xie, L. (2020). Multiple observers based anti-disturbance control for a quadrotor UAV against payload and wind disturbances. *Control Engineering Practice*, 102, 104560. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2020.104560>
- [10] Guerrero-Sánchez, M. E., Lozano, R., Castillo, P., Hernández-González, O., García-Beltrán, C. D., & Valencia-Palomo, G. (2021). Nonlinear control strategies for a UAV carrying a load with swing attenuation. *Applied Mathematical Modelling*, 91, 709–722. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.09.027>
- [11] Rashad, R., Goerres, J., Aarts, R., Engelen, J. B. C., & Stramigioli, S. (2020). Fully Actuated Multirotor UAVs: A Literature Review. *IEEE Robotics Automation Magazine*, 27(3), 97–107. <https://doi.org/10.1109/MRA.2019.2955964>
- [12] Jiang, G., & Voyles, R. M. (2015). Dexterous UAVs for Precision Low-Altitude Flight. In K. P. Valavanis & G. J. Vachtsevanos (Eds.), *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles* (pp. 207–237). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9707-1_130
- [13] Arizaga, J. M., Castañeda, H., & Castillo, P. (2019). Adaptive Control for a Tilted-Motors Hexacopter UAS Flying on a Perturbed Environment. 2019 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 171–177. <https://doi.org/10.1109/ICUAS.2019.8798048>
- [14] Castañeda, H., & Gordillo, J. L. (2019). Spatial Modeling and Robust Flight Control Based on Adaptive Sliding Mode Approach for a Quadrotor MAV. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 93(1), 101–111. <https://doi.org/10.1007/s10846-018-0819-3>
- [15] Khalil, H. K. (2017). Chapter 6: Extended Observer. In *High-Gain Observers in Nonlinear Feedback Control* (pp. 159–210). <https://doi.org/10.1137/1.9781611974867.ch6>

Non-linear GNSS Signal Processing Applied to Land Observation with High-rate Airborne Reflectometry

Hamza Issa^{1, 2,*}, Georges Stienne¹, Serge Reboul¹, Mohamad Raad³ and Ghaleb Faour²

¹Laboratoire d'Informatique, Signal et Image de la Côte d'Opale (LISIC, EA 4491), Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), F-62228 Calais, France;

²National Council of Scientific Research (CNRS-L), Remote Sensing Research Center, 22411 Mansouriyeh, Lebanon;

³School of Engineering, Lebanese International University (LIU), Mouseitbeh - PO Box: 146404 Mazraa, Beirut-Lebanon;
* hamza.issa@univ-littoral.fr

The aim of this research is to develop airborne GNSS-Reflectometry (GNSS-R) techniques for water body detection and edge localization using a low altitude airborne carrier with high rate reflectivity measurements. GNSS-R is a bi-static radar technique that uses the L-band GNSS signals as sources of opportunity to characterize Earth surface. The reflecting surface can be an ocean, in which case, the ocean altimetry, wind speed and salinity can be estimated [1], or land for estimating the snow depth [2] and for estimating the soil moisture content [3]. We aim to obtain measurements at high temporal and spatial resolution. In this regard, we estimate 20 ms rate of reflectivity measurements as the ratio of the amplitudes of the reflected LHCP antenna signals over the amplitudes of the direct RHCP antenna signals. We show in a published work [4], that for 1-bit quantization in a digital receiver, the digitized signals are independent of the automatic gain control, and thus provide a direct observation of the signal amplitude. In the context of this work, we estimate the GNSS signals amplitudes using observations of the GNSS signals components (in-phase component, estimated code, phase and frequency delay). The expression that links the in-phase component of the signal with the signal amplitude is non-linear; hence, dedicated non-linear GNSS signal processing techniques are applied.

We develop a radar technique for automatic GNSS signal segmentation in order to differentiate surfaces, and in particular, water bodies, in landforms based on the reflectivity measurements associated to different areas of reflection. We estimate high-rate reflectivity measurements in order to cope with the rapid displacement of the satellites footprints along the airborne experiment. We use a transitional model to characterize the changes in the amplitudes of the reflected GNSS signals from one area to another. Since we process large amounts of data, we propose to detect the changes on-line. We also propose an off-line maximum likelihood localization estimate to localize the detected changes in a working window that is close to optimality. In the presence of noise, the on-line change detector generates false alarm detections and the signals are over segmented. To solve this problem, we develop a merging algorithm that investigates the difference between the statistical properties of the obtained stationary parts in order to decrease the number of false change detections.

A real flight experimentation has taken place in the North of France obtaining reflections from different surfaces and landforms lasting for 45 min. We utilize a GNSS-R setup designed specifically for this work on-board a lightweight airborne carrier [5]. We study reflections from satellites with high elevation angles to maximize the spatial resolution. We show, using the airborne GNSS measurements obtained, that the proposed radar technique detects different surfaces, and in particular in-land water body surfaces, along the flight trajectory with high temporal and spatial resolution. We also show that we can localize the edges of the detected water body surfaces at metric accuracy. The proposed radar technique has also displayed high sensitivity to changes in landforms, which is invested to differentiate surfaces including in-land water bodies, sea, sandy beach, vegetation and land.

References:

[1] Manuel Martin-Neira et al., "A passive reflectometry and interferometry system (paris): Application to ocean altimetry," ESA journal, vol. 17, no. 4, pp. 331–355, 1993.

[2] Estel Cardellach, Fran Fabra, Antonio Rius, Simone Pettinato, and Salvatore D'Addio, "Characterization of dry-snow sub-structure using GNSS reflected signals," Remote Sensing of Environment, vol. 124, pp. 122–134, 2012.

[3] Katzberg, Stephen J., Omar Torres, Michael S. Grant, and Dallas Masters. "Utilizing calibrated GPS reflected signals to estimate soil reflectivity and dielectric constant: Results from SMEX02." Remote sensing of environment 100, no. 1 (2006): 17-28.

[4] Hamza Issa, Georges Stienne, Serge Reboul, Maximilian Semmling, Mohamad Raad, Ghaleb Faour, and Jens Wickert. "A probabilistic model for on-line estimation of the GNSS carrier-to-noise ratio." Signal Processing 183 (2021): 107992.2.

[5] Hamza Issa, Georges Stienne, Serge Reboul, Maximilian Semmling, Mohamad Raad, Ghaleb Faour, and Jens Wickert (2021, April). High-rate GNSS Reflectometry Estimates for Airborne Soil-moisture Detection. In EGU, General Assembly Conference Abstracts (pp. EGU21-11577).

Localisation collaborative pour véhicules autonomes aidée par carte avec étude d'intégrité

Maxime Escourrou, Joelle Al Hage, Philippe Bonnifait

Heudiasyc, Université de Technologie de Compiègne, CNRS

Résumé :

Pour la conduite autonome, il est primordial de localiser le véhicule dans son environnement avec une précision adaptée à la tâche à réaliser. Généralement, les données de plusieurs capteurs sont fusionnées pour arriver à une estimation de pose précise et intègre. Cette nécessité de localisation précise est d'autant plus importante en milieu urbain qu'il y a des besoins importants qui dépendent de la localisation : rester sur une chaussée parfois étroite, s'arrêter à une intersection (stop, feux de circulation, etc.), distinguer un piéton sur un trottoir d'un piéton sur la chaussée, etc. Cependant, le GNSS, une des principales sources de localisation absolue, est beaucoup moins performant en milieu urbain. En effet, les hauts bâtiments génèrent des multi-trajets et des NLOS (Non-line of sight), perturbant la localisation.

Cette thèse s'intéresse à une autre source de localisation absolue qui pourra être fusionnée avec les mesures GNSS afin d'améliorer la localisation en milieu urbain. Dans cet objectif, les mêmes bâtiments qui dégradent les mesures GNSS seront utilisés pour se localiser. L'idée consiste à les détecter à l'aide d'un lidar 3D et les associer à une carte de l'environnement. L'utilisation de la localisation coopérative entre les véhicules à l'aide des mesures indirectes (observation des bâtiments) sera étudiée pour l'amélioration de la localisation et pour la mise à jour de la carte. De même, la mise à jour automatique de la carte lors de différents passages et son partage aux autres véhicules seront étudiés.

Des résultats en simulation montrent que le filtre de Schmidt-Kalman [1] est pertinent pour de la fusion décentralisée, en évitant d'estimer l'état de tous les véhicules et en limitant les communications nécessaires. Ce filtre pourra ensuite être utilisé en parallèle d'une localisation utilisant la Normal Distributions Transform (NDT) sur les bâtiments, tel que présenté dans [2], la NDT fonctionnant comme une mesure de pose intégrée dans le filtre en tant que correction.

Références :

- [1] L. Luft, T. Schubert, S. Roumeliotis, and W. Burgard, "Recursive Decentralized Collaborative Localization for Sparsely Communicating Robots," *Robotics: science and systems*, 2016.
- [2] M. Escourrou, J. Al Hage, and P. Bonnifait, "NDT Localization with 2D Vector Maps and Filtered LiDAR Scans," in 2021 IEEE European Conference on Mobile Robots (ECMR), Aug. 2021.

Integrity of Cooperative Perception for Autonomous Navigation

Antoine Lima; Supervisors: Véronique Cherfaoui, Philippe Bonnifait

Université de Technologie de Compiègne, CNRS UMR 7253, Heudiasyc

Abstract:

In order to navigate safely, an autonomous vehicle must perceive its surroundings and react to it. Sensors and algorithms have reached a point where detections are correct a vast majority of the time, but missed detections can result in terrible accidents. While still amounting to less than human-caused accidents, these accidents prevent further deployment of autonomous vehicle as they fall under the manufacturer responsibility. These rare failures can generally be traced back to misleading information (e.g: a reflection blinding a sensor or a mis-detection) that could be prevented by a better representation of *uncertainties* about the scene. In addition, the basis for a reliable perception systems is redundancy and complementarity. It is used to compare different points of view and combine modalities, (e.g: camera and LiDAR), such that a detection can be confirmed, completed or dismissed by other sensors. This can lead to requiring many sensors embedded on a single vehicle, resulting in systems that are too expensive for large-scale deployment. The main objective of this thesis is to leverage the upcoming inter-vehicular network in order to limit the number of required sensors by incorporating perception from other agents in a safe manner.

An autonomous vehicle generally represents the world with a Local Dynamic Map (LDM), which describes the state of surrounding objects. Its role is to take sensor observations and turn them into useful information for a navigation or control system. A common representation is based on states (position, orientation, velocities) and uncertainties associated with them in the form of covariance matrices. These result from the detection of objects in sensor outputs, that are then tracked using a filter such as the Kalman Filter (KF). With Cooperative Perception (CP), the intent is to exchange LDMs between vehicles and fusing them into a Cooperative Dynamic Map (CDM) as if other vehicles were *deported sensors*. However this cause the issue that LDMs are not necessarily independent from one another as vehicles can have fused them already. This introduces potential information loops, meaning that the KF assumption of independent measurements is not respected, which can lead to tracked objects becoming overly confident and providing misleading information. To overcome this issue, a Covariance Intersection Filter (CIF) can be used instead of the KF. Its idea is to calculate the smallest intersection between the two estimate covariance matrices. It is resilient to arbitrary degrees of dependency but produces pessimistic estimates in practice. To avoid unnecessary pessimism when estimates are only partially dependent, a solution is use the Split Covariance Intersection Filter (SCIF) [1], that combines a KF with a CIF by splitting the covariance into two components. A *dependent* component is predicted and updated by a CIF while a *independent* component is updated by a KF. The evolution and observation noises inherited from the KF are also split, and as studied in [2], the covariance matrix of the dependent evolution noise plays a fundamental role in the consistency of the fusion, but lacks a physical interpretation. Where the independent part corresponds to model-introduced errors, the dependent part is used to model the part of the estimation error that has an unknown degree of correlation with other agents in the CDM. More generally, the SCIF is used to handle track-to-track fusion and can be applied within a single agent to fuse its own sensors as well.

Another aspect of CP is to estimate how trustworthy information coming from other vehicles is. Trust is generally formulated as a default detection system that expels a faulty vehicle from the communication medium. We aim to provide a more continuous approach, where trust is estimated through time, similarly to how tracks are filtered, and used to progressively diminish the impact that objects received from other vehicles have on the local fusion. To do this, we compare received LDMs with our CDM and differences decrease trust while similarities increase it. Trust is then used to extend the covariance and reduce the existence probability of objects received from a particular vehicle.

References:

- [1] Li, Hao, Fawzi Nashashibi, and Ming Yang. "Split Covariance Intersection Filter: Theory and Its Application to Vehicle Localization" in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 2013.
- [2] Lima, Antoine, Philippe Bonnifait, Véronique Cherfaoui, and Joelle Al Hage. "Data Fusion with Split Covariance Intersection for Cooperative Perception" In *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference 2021*.
- [3] Ambrosin, Moreno, Lily L Yang, Xiruo Liu, Manoj R Sastry, and Ignacio J Alvarez. "Design of a Misbehavior Detection System for Objects Based Shared Perception V2X Applications" In *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference 2019*.

Analyse modale opérationnelle avec estimation de mouvement basée sur la phase

Cédric Marinel *†,
Pr. Ludovic Macaire †,
Dr. Olivier Losson †,
Dr. Benjamin Mathon †,
Dr. Jean Le Besnerais *

† : CRISAL, équipe imagerie couleur
* : EOMYS Engineering

Les vibrations jouent un rôle prépondérant dans la bonne tenue des structures de génie civil telles que les ponts et les bâtiments. La surveillance du comportement vibratoire peut permettre d'identifier des dommages au sein des structures. L'analyse modale opérationnelle permet d'identifier les caractéristiques mécaniques telles que les modes de vibration et les fréquences naturelles à partir de mesures d'accélération, de vitesse et/ou de déplacement.

Ces mesures se font traditionnellement à l'aide d'accéléromètres. Ces capteurs nécessitent d'accéder aux structures à étudier, ce qui peut s'avérer coûteux en temps voire dangereux. De plus, l'ajout de masses peut également entraîner une modification du comportement mécanique pour des structures légères.

D'autre part, la commercialisation de caméras rapides s'ouvre de plus en plus au marché grand public. Ce type de caméra pourrait permettre d'utiliser chaque pixel comme un capteur et de réaliser une analyse modale opérationnelle sans contact.

La méthode proposée se décompose en deux parties : l'estimation de mouvement en chaque pixel de la vidéo puis l'utilisation d'un algorithme d'analyse modale pour extraire les propriétés mécaniques. La méthode d'estimation de mouvement est basée sur la phase des réponses des images de la vidéo à des filtres complexes. Cette méthode, introduite par Wadhwa *et al.* [1] effectue une décomposition pyramidale [2] pour séparer l'image en différentes sous-bandes. Une fois les déplacements estimés en chaque pixel de la vidéo, une réduction de la dimension de ces données puis une séparation aveugle de source sont effectués afin d'estimer les modes de vibrations dans la vidéo [3].

Cette méthode est enfin appliquée à des vidéos synthétiques de poutres générées à l'aide d'une équation de poutre et d'un algorithme de rasterisation.

Références :

- [1] Neal Wadhwa, Michael Rubinstein, Frédo Durand, and William T. Freeman. Phase-based video motion processing. *ACM Transactions on Graphics*, 32(4):1–10, July 2013. doi:10.1145/2461912.2461966.
- [2] Eero P. Simoncelli and William T. Freeman. The steerable pyramid: a flexible architecture for multi-scale derivative computation. *In Proceedings., International Conference on Image Processing.* IEEE Comput. Soc. Press, 1995. doi:10.1109/icip.1995.537667.
- [3] Yongchao Yang, Charles Dorn, Tyler Mancini, Zachary Talken, Garrett Kenyon, Charles Farrar, and David Mascareñas. Blind identification of full-field vibration modes from video measurements with phase-based video motion magnification. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 85:567–590, February 2017. doi:10.1016/j.ymsp.2016.08.041.
- [4] James V. Stone. Blind Source Separation Using Temporal Predictability. *Neural Computation*, vol. 13, no 7, juillet 2001, p. 1559-74. doi:10.1162/089976601750265009.

Leak Supervision in Water Distribution Networks

Débora Alves, Joaquim Blesa, Eric Duviella and Lala Rajaoarisoa
IMT Nord Europe// Universitat Politècnica de Catalunya

Abstract:

Water distribution networks (WDN) are complex systems that are difficult to manage and monitor with extreme importance nowadays. The detection and location of leaks have become crucial for water distribution. When there are bursts or leaks, this can generate economic losses and an environmental issue and represents a potential risk to public health with contaminated water. This work has for objectives to propose i) a leak detection and estimation method able to detect incipient leaks in WDN, ii) a new data-driven model based on sensor measurements and structural information to describe the state of the WDN. The proposed approach is based on the use of inlet pressure and flow measurements, other pressure measurements available at some selected inner nodes of the WDN, and the topological information of the network. A reduced-order model structure is used to calculate non-leak pressure estimations at sensed inner nodes. Residuals are generated using the comparison between these estimations and leak pressure measurements. In a leak scenario, it is possible to determine the relative incidence of a leak in a node by using the network topology and what it means to correlate the probable leaking nodes with the available residual information. Topological information and residual information can be integrated into a likelihood index used to determine the most probable leak node in the WDN at a given instant or, through applying the Bayes' rule, in a time horizon. The likelihood index is based on a new incidence factor that considers the most probable path of water from reservoirs to pressure sensors and potential leak nodes. The EPANET hydraulic simulator and MATLAB were used to generate artificial data to analyze the performance of the proposed methods.