

2.8. SENTAUR_!

Titre : Sensor Enhancement To Augmented Usage and Reliability

Porteur du projet : Vincent Le CAM

Laboratoire : IFSTTAR, Département COSYS (Composants et Systèmes) \ Laboratoire SII (Structures et Instrumentation Intégrée)

Laboratoire associé : IETR (UMR 6164), équipe Systèmes de Communications Numériques

Doctorant : M. David PALLIER

Encadrant : M. Sébastien PILLEMENT, (IETR), M. Vincent LE CAM, (Université Gustave Eiffel)

Mots clés : Capteurs sans-fil, Intelligence, Embarqué, Internet des Objets, Fiabilité, Sûreté de fonctionnement.

Verrous scientifiques ou technologiques levés :

Etat : Début le 1^{er} novembre 2017, thèse soutenue le

2.8.1. Résumé du projet

Les réseaux de capteurs sans-fil sont de plus en plus utilisés pour le contrôle de santé des structures car c'est une solution plus simple à mettre en œuvre que les solutions filaires. La majorité de ces applications utilisent la fusion de données récoltées par des capteurs répartis sur les infrastructures. Considérant comme quasi-universel le fait que l'acquisition de données se fait en fonction du temps, le sujet de la thèse consiste à étudier, implanter et proposer une solution de datation déterministe et fiable des événements dans les réseaux de capteurs sans fils. Pour pouvoir comparer ou fusionner des données dépendantes du temps provenant de différents capteurs ceux-ci ont besoin d'être synchronisés. La précision de synchronisation dépend de l'application. Elle peut être de l'ordre de la milliseconde pour l'analyse de phénomènes vibratoires, la microseconde pour l'acoustique, ou bien de l'ordre des nanosecondes pour l'analyse de phénomènes électromagnétiques. Les capteurs peuvent être synchronisés en s'échangeant des messages horodatés (ex : RBS, TPSN, FTSP...) ou à l'aide d'une référence externe au réseau tel que le signal PPS fournit par les récepteurs GPS (synchrone au temps UTC). Bien que la première option semble moins énergivore, les travaux de la thèse se concentrent sur la deuxième solution, car elle permet une meilleure précision de synchronisation et cette précision ne dépend pas de la taille du réseau de capteurs. Les travaux de cette thèse ont donc pour objectif de développer des solutions de synchronisation basées sur le GPS moins énergivores.

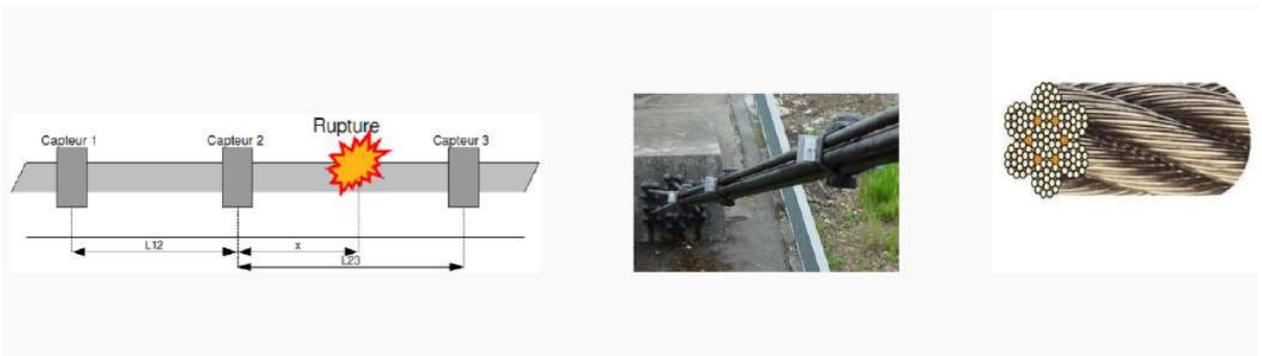


Figure 19. SENTAUR : Surveillance acoustique des câbles

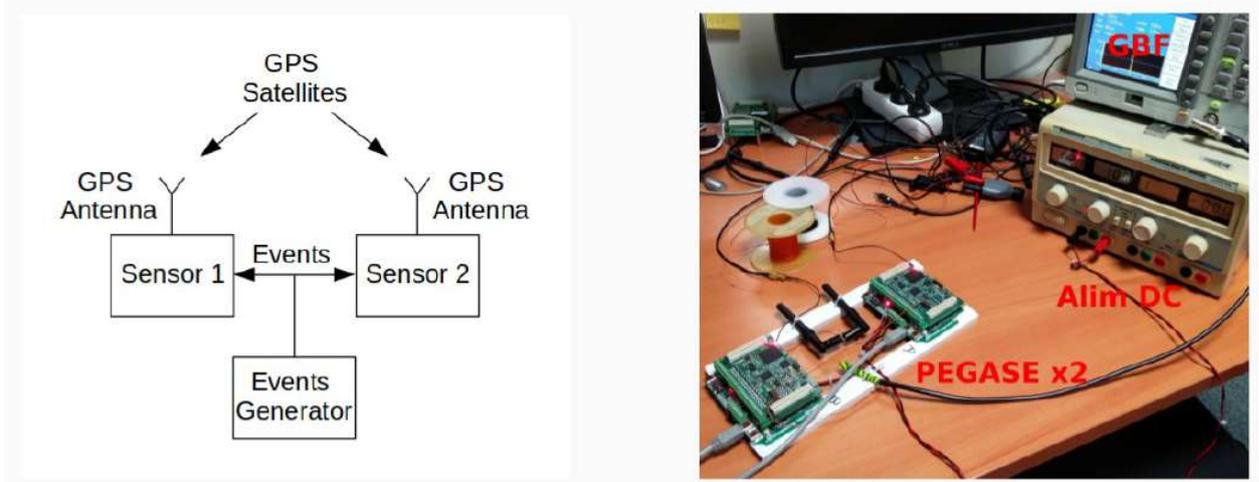


Figure 20. SENTAUR, test de l'algorithme de synchronisation GPS présent et absent.

2.8.2. Résultats du projet

2.8.2.1. Résumé des travaux de thèse

Nous avons réalisé un nouveau capteur basé sur FPGA ayant pour objectif d'horodater des événements. Ce capteur est capable de mesurer son offset par rapport au temps UTC avec un GPS et de recalibrer les événements datés avec son horloge interne sur le temps UTC. Nous avons développé un filtre de Kalman permettant d'estimer cet offset (ainsi que l'incertitude de cette estimation) avec le GPS ou avec la température ambiante.

Un algorithme permettant de basculer périodiquement entre l'estimation avec GPS et l'estimation sans GPS en fonction d'un seuil de synchronisation a été développé. Cet algorithme a été testé à l'aide de deux nouveaux capteurs observant les mêmes événements. Différents seuils ont été testés en « offline » à partir des données récoltées lors des tests pour analyser le besoin réel de GPS en fonction de la précision de synchronisation attendue.

Résultats obtenus :

- Création d'un nouveau capteur sur FPGA permettant de rejouer différents scénarios de ON/OFF GPS en « offline » et de calculer la précision temporelle obtenue avec le scénario.
- Résultats de l'algorithme de synchronisation avec filtre de Kalman sur le nouveau capteur : Précision 500 ns : 1 PPS toutes les 54s : gain de consommation moyen du GPS estimé : de 100 mW à 1.85 mW. Précision 20 us : 1 PPS toutes les 14min : gain de consommation moyen du GPS estimé : de 100 mW à 120 uW

2.8.2.2. Publications

Ces travaux ont donné lieu actuellement à la publication de 2 conférences internationales et une publication revue.

Article de revue :

Pallier, D. ; Le Cam, V. & Pillement, S. Energy-efficient GPS synchronization for wireless nodes, IEEE Sensors Journal, 2020

Articles de conférences internationales avec comité de lecture :

Pallier, D.; Cam, V. L.; Bouche, A.; Pillement, S.; Zhang, Q. & Mevel, L. Offset Tracking of sensor clock using Kalman filter for wireless network synchronization, International Workshop on Structure Health Monitoring, 2019

Vincent doit mettre la seconde

2.8.2.3. Dissémination

2.8.2.4. Equipement et ressourcement

Le financement du projet a principalement permis de financer la thèse de Mr David Pallier.

Par ailleurs ce projet donne lieu à une poursuite des travaux dans le cadre d'un post-doc financé par l'Université Gustave Eiffel. Ce post-doc va permettre la finalisation des travaux engagés lors de la thèse.