

Plateforme d'imagerie pour prototypage rapide de système de traitement d'image multimodal

SEBASTIEN MARTIN, CHARLES-ELIE GOUJON, GILLES SICARD, SANDRA TOCHON

CEA Leti

7, Avenue des Martyrs, 38054 Grenoble, France

semartin@cea.fr, charleselie.goujon@cea.fr, gilles.sicard@cea.fr
sandra.tochon@cea.fr

Résumé – Ce papier décrit la plateforme d'imagerie développée par le LETI dans le cadre du projet SystemLab permettant le prototypage rapide de système d'imagerie multimodal. Cette plateforme a pour objectif de faciliter, d'une part, la prise d'images multimodales dans un environnement contextuel donné et, d'autre part, la validation de l'intérêt des capteurs d'image mis à disposition par nos partenaires industriels pour le développement de nouveaux projets où l'imagerie pourrait amener une solution ou un apport technique.

Abstract - This paper describes the imaging platform developed by LETI within the framework of the SystemLab project allowing rapid prototyping of multimodal imaging systems. This platform aims to facilitate, on one hand, the taking of multimodal images in a given contextual environment and, on the other hand, the validation of the interest of the image sensors made available by our industrial partners for the development of a new project where an imaging system could provide a solution or a technical contribution.

1 Introduction

Dans le cadre du projet IRT SystemLab, le CEA LETI développe en collaboration avec ses partenaires industriels STMicroelectronics, Lynred et Prophesee, un environnement permettant la mise en œuvre simplifiée des capteurs d'images mis à disposition.

L'objectif principal de ce système est la recherche de nouvelles applications pour ces dispositifs en permettant le prototypage rapide de système d'imagerie via la mise à disposition d'une plateforme d'imagerie aux utilisateurs finaux.

Le challenge de ce travail est de mettre à disposition un environnement homogène pour le pilotage, l'extraction et le traitement des données images pour tous les capteurs, ceci avec une cohérence spatiale et temporelle.

En contrepartie, un retour technique est demandé par nos partenaires industriels afin d'avoir une meilleure vision des marchés émergents et leur permettre d'orienter le développement de leurs futurs produits.

Une assistance au dimensionnement du système final en fonction des performances et du coût recherché peut être apportée par nos partenaires.

2 Les capteurs intégrés

Les capteurs composant la plateforme d'imagerie balayent quatre domaines de longueurs d'ondes (visible 0.4/0.7 μm – NIR 0.7/1 μm – SWIR 1-1.6 μm – LWIR 8-12 μm) (Figure 1) et différents types de fonctionnalités (imageurs / capteurs).

A noter que chaque capteur est disponible en deux unités rendant possible la stéréovision par exemple.

2.1 Imageurs du domaine visible – NIR

Actuellement, trois imageurs dans le domaine du visible ont été implémentés.

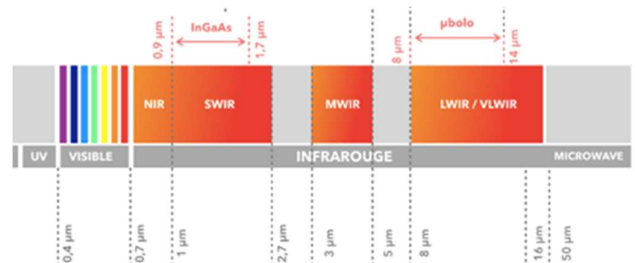


Figure 1 : Domaine de longueur d'onde adressée

2.1.1 ST Global Shutter VD56G3

Imageur de type « Global Shutter » en version N&B, RGB, RGB-IR au format 1124 x 1364 au pas de 2.6 μm permettant un flux d'image jusqu'à 98 i/s [ST1].

2.1.2 ST TimeOfFlight VL53L5

Capteur de distance basé sur la mesure de temps de vol d'un pulse lumineux (940nm). L'information, de type carte de profondeur, est délivrée sous la forme d'une matrice de 8x8 pixels avec un rafraîchissement maximum de 15i/s [ST2].

2.1.3 Prophesee HDV1

Imageur de type événementiel, le capteur délivre des informations de variation de contraste de manière asynchrone [Pro1]. Ce circuit présente une résolution de 640x480 pixels au pas de 15 μm et une dynamique de scène équivalente à plus de 120dB ainsi qu'un débit d'événements de 1G/s (équivalent à un débit image de 2000i/s suivant les conditions).

2.2 Imageurs du domaine Infrarouge

Actuellement, deux imageurs dans le domaine de l'infrarouge ont été implémentés.

2.2.1 Lynred Snake SWIR

Imageur de type global shutter non refroidi au format 640x512 au pas de 15µm, sensible à la gamme 1-1.6µm qui permet un débit image allant jusqu'à 180i/s et un bruit de 30e-. [Lyn1]

2.2.2 Lynred PICO640S LWIR

Imageur bolométrique non refroidi sensible à la gamme 8-12µm en format 640x480 au pas de 17µm. Il permet un débit image de 60i/s et une résolution thermique de 30mK. [Lyn2]

2.3 Imageur et instrument complémentaire

De nouveaux imageurs issus des développements de nos partenaires sont amenés à être intégré comme le capteur STM-VD55H1 couplant l'information image et distance au format 804x672 au pas de 4.9µm fournissant jusqu'à 120i/s [ST3].

Il est aussi possible et prévu à moyen terme d'implémenter d'autres types de capteurs ou de périphériques comme des Lidars ou encore des microphones pour enrichir le flot de donnée et permettre le croisement de différentes modalités.

3 L'intégration matérielle

Pour faciliter la mise en œuvre de ces différents modules, des systèmes d'alignement mécanique (au pas 65mm), de synchronisation temporelle permettant de gérer individuellement la cadence image ainsi que la phase de chaque module ont été développés.

Le système peut être considéré comme une « boîte à outils » permettant de composer son système d'imagerie à façon. Ainsi nous pouvons monter deux capteurs identiques côte à côte, aligner différents capteurs synchronisés ou non en fonction des besoins (Figure 2).

Le système de synchronisation permet également le pilotage de source lumineuse en phase avec les imageurs. Il sera aussi possible de synchroniser d'autres capteurs (Lidar, IMU...).

Hormis le capteur de distance qui présente un angle de vue de 63° de par sa conception, les optiques des caméras sont interchangeables permettant une adaptation aux applications visées.

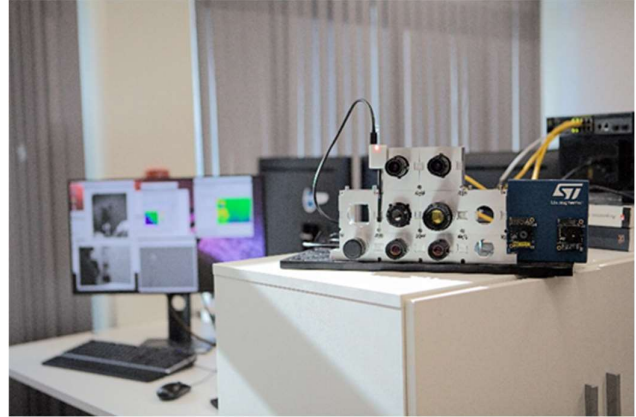


Figure 2 : Plateforme d'imagerie

4 Intégration logicielle

En parallèle de l'aspect matériel, un environnement logiciel permettant l'agrégation des flux de données et le paramétrage des capteurs a été développé et est en constante évolution pour l'ajout de fonctionnalités et de capteurs. Il permet l'intégration de traitement d'image en temps réel et de stockage pour traitement déporté.

Le logiciel est basé sur ElliOOS de la société Scarell [Scal]. L'architecture de type distribuée d'ElliOOS est basée sur une utilisation de flux réseau pour l'échange de données (Figure 3). Cela permet de déporter les caméras et les traitements sur différents contrôleurs ayant des OS différents (Windows / Linux). Cela apporte une grande souplesse au niveau des drivers des caméras ainsi que pour le choix des environnements de traitement d'images.

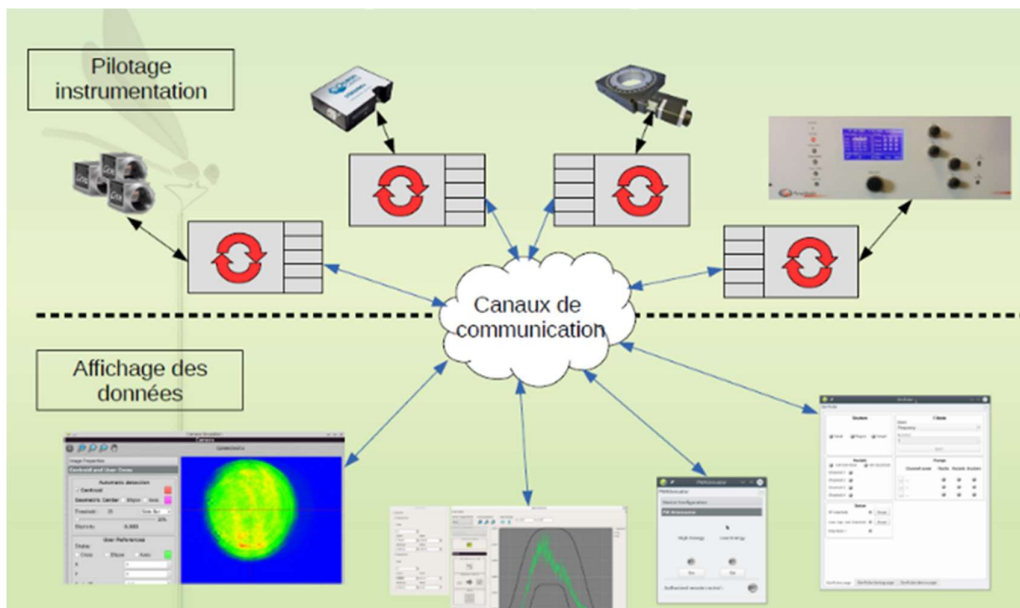


Figure 3 : Architecture ElliOOS

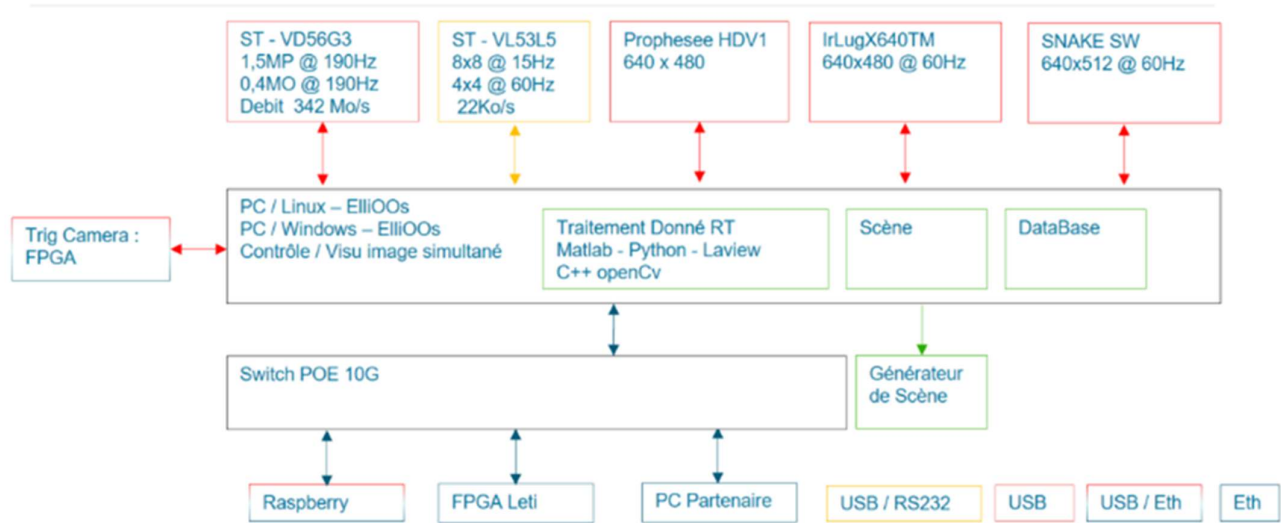


Figure 4 : Architecture plateforme imagerie

L'outil permet le réglage des paramètres des différents capteurs indépendamment les uns des autres, la récupération des données et leur mise en forme sous un format d'image standardisé facilitant le traitement d'images sous C++/OpenCv.

A noter qu'il est possible d'adresser plusieurs caméras du même type indépendamment. Chaque capteur fonctionne avec ses paramètres propres (permettant ainsi une application stéréo ou autre en fonction des réglages).

Un modèle type en C++ est fourni aux utilisateurs leur permettant d'accéder à toutes les images de manières synchrone (un étiquette temporelle (« timestamp ») est associée à chaque image transmise) pour le développement des algorithmes temps réels.

Il est envisageable à ce niveau d'interfacer des capteurs propres à l'application.

L'aspect intelligence artificielle est aussi adressé par le système (Figure 5). Les différentes phases des développements IA que sont l'apprentissage et l'exécution sont possible via l'accès à une base de donnée et une carte graphique performante. Une application

étudiée dans la mise en place de la plateforme consiste à rechercher des objets d'intérêt dans les différentes modalités d'acquisition disponibles afin de créer une cohérence spatiale dans le but d'aligner les images. Après optimisation, il est possible d'exécuter les algorithmes sur des cibles embarquées si l'objectif final le nécessite.

5 Utilisation

L'utilisation de cet outil s'adresse autant à des experts en traitement d'images qu'à des non-spécialistes du domaine à la recherche de solution technique où l'imagerie pourrait apporter des solutions. Dans le premier cas, les utilisateurs pourront développer leur propre traitement (en temps réel ou différé) et dans le second, une assistance sur des prises d'images et de développement algorithmique simple seront proposés.

L'architecture de la plateforme permet une utilisation en laboratoire ou sur site moyennant une baisse de performance au niveau des flux images, de la capacité de stockage et de traitement de données disponible.

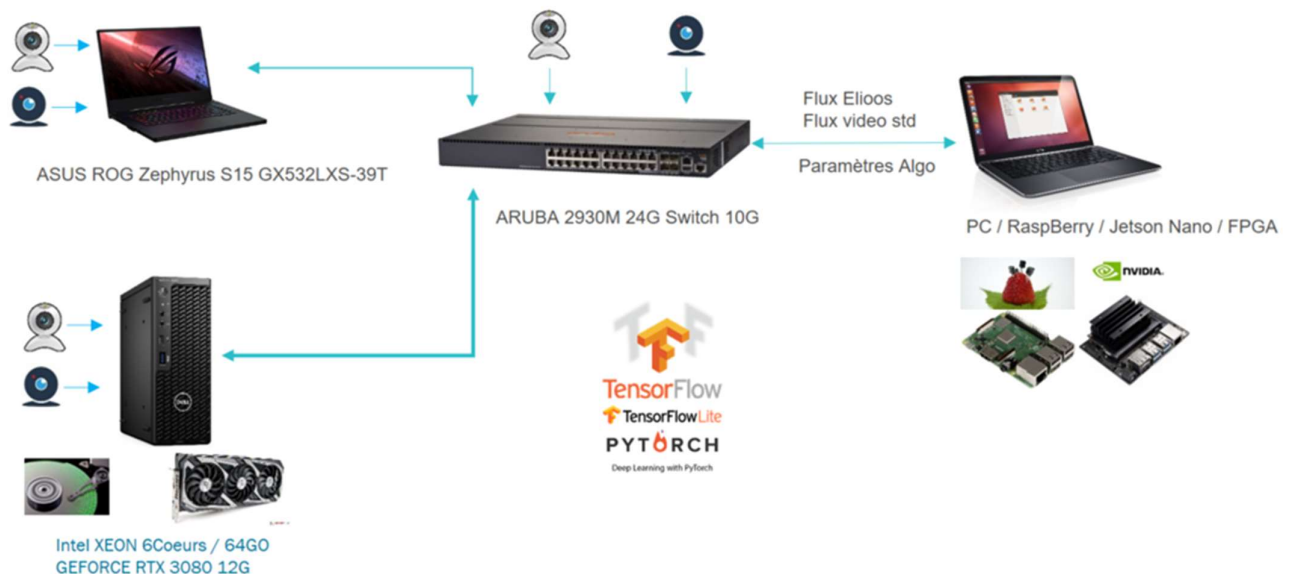


Figure 5 : Architecture système pour l'IA

La relative compacité du système autorise des mises en situation diverse sur des environnements mobiles, en hauteur par exemple.

6 Exemple de prototypage

Sollicité par un end-user pour estimer l'intérêt des différents types de capteurs dans le cadre de la détection de polluant sur une ligne de production de sucre (Figure 6), nous avons réalisé des prises d'images et adapté le système d'éclairage pour avoir un rapide retour sur la pertinence de chaque capteur.



Figure 6 : Echantillon de polluant déposé sur du sucre

On remarque que certains polluants présentent un faible contraste dans le domaine visible et sont donc difficiles à détecter dans cette seule gamme de longueurs d'ondes.

Dans la gamme SWIR (Figure 7), les polluants présentent un contraste plus marqué avec le sucre et relativement homogène entre eux. Ces images nécessitent un éclairage halogène (Fig. 7a) ou spécifique SWIR (Fig. 7b).

Dans la gamme LWIR (Fig. 7c), le contraste est aussi plus marqué. Il est lié à la différence de temps d'échauffement des différents matériaux dû à l'éclairage halogène.

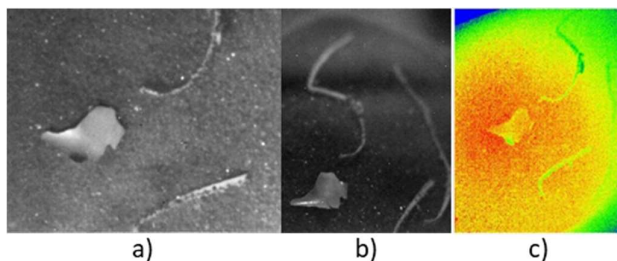


Figure 7 : Echantillon de polluant déposé sur du sucre visualisé en infra rouge

Eclairer la scène de manière pulsée génère une variation de contraste entre le sucre et les polluants de par leurs différences de réflectivité. Moyennant un contrôle de la source lumineuse, le capteur événementiel détectant les variations de contraste délivre alors une information permettant de localiser les polluants sans autre traitement d'image (Fig. 8a). Le contraste sur l'imageur visible reste très faible (Fig. 8b).

La mise en œuvre de ces capteurs a permis de faire une évaluation rapide de l'intérêt de chaque domaine de

longueur d'onde et fonctionnalité dans ce cas d'usage. L'utilisation détournée des capteurs LWIR et événementiels appelle cependant une étude plus conséquente qui pourra être menée en prenant en compte le contexte industriel au vu de ces résultats.

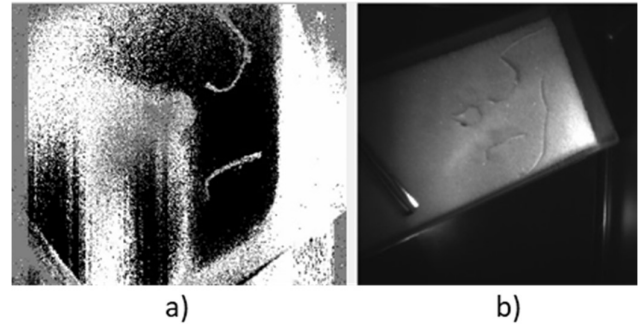


Figure 8 : a) Echantillon de polluant déposé sur du sucre éclairé en lumière pulsée et visualisé par un capteur événementiel. b) Echantillon vu par un imageur visible.

7 Conclusion

La plateforme d'imagerie développée par le LETI permet de mettre en œuvre simplement différents types d'imageurs, plus ou moins bas coût, dans différents domaines de longueur d'onde avec une cohérence spatiale et une synchronisation temporelle.

Elle permet la composition d'un système d'imagerie multi spectral complexe, en peu de temps, pour la validation de nouveaux cas d'usages grâce à l'intégration de traitement de données en temps réels et de capacité de stockage.

La diversité des capteurs proposés, la standardisation des interfaces, l'accumulation d'expériences système apporte une réelle souplesse d'utilisation.

La volonté de faire évoluer le système en intégrant des capteurs à l'état de l'art permet aussi d'anticiper des solutions techniques pour des marchés émergents.

Cette plateforme est disponible depuis le mois de mai 2022 aux utilisateurs extérieurs au projet SystemLab.

8 Remerciements

Les auteurs remercient le programme national français « Programme d'investissement d'avenir, IRT Nanolec, n° ANR-10-AIRT-05 » pour leur financement.

9 Références

- [ST1] <https://www.st.com/en/imaging-and-photonics-solutions/vd56g3.html#documentation>
- [ST2] <https://www.st.com/en/imaging-and-photonics-solutions/v15315cx.html>
- [Pro1] <https://docs.prophesee.ai/stable/hw/sensors/PPS3MVCD.html>
- [Lyn1] <https://www.lynred.com/fr/produits/snake-sw>
- [Lyn2] <https://www.lynred.com/fr/produits/pico640s>
- [ST3] <https://vipress.net/st-met-la-capture-dimages-3d-a-la-portee-des-smartphones/>
- [Sca1] <http://scarell.net/?q=pages/nos-solutions>