

Synthèse du projet CAPLOC

Les nouveaux services de transport intelligents foisonnent. La plupart d'entre eux reposent de façon plus ou moins directe, sur une information de localisation parmi lesquelles les services de navigation bien sûr, mais aussi de l'aide à l'éco-conduite, des assurances « pay as you drive », la limitation de vitesse variables...

Techniquement, la solution la plus répandue aujourd'hui repose sur l'installation de puces GPS à bord des véhicules, agrémentée des équipements logiciels et matériels capables d'exploiter l'information de position pour délivrer un service (calcul d'itinéraire, recalage sur la carte, système de communication etc). Le système de radionavigation par satellites GPS offre en effet le meilleur compromis coût/simplicité/performance aujourd'hui. Il peut être complété par l'utilisation de signaux EGNOS, améliorant ainsi sa précision et sera bientôt compatible avec Galileo. Certains services, tels que la navigation automobile s'accommodent aujourd'hui assez bien des performances obtenues. Malheureusement, si l'utilisateur urbain d'un système de localisation par satellites est le plus demandeur de précision, il dispose d'un service dégradé en raison des conditions de propagation des signaux, fortement liées à la densité des obstacles, qui dégradent les performances optimales atteignables.

L'objectif de CAPLOC est de délivrer une information de localisation précise, accessible en tous lieux, dans un contexte de réduction globale des coûts. CAPLOC est un projet de recherche. L'approche suivie, brevetée en 2008, repose une connaissance de l'environnement de propagation fournie par une ou plusieurs caméras et des traitements d'images capables de détecter l'état de réception des signaux satellitaires et d'apporter une connaissance des perturbations causées par les obstacles environnants afin de réduire leur effet sur la localisation GNSS. Cette approche est aujourd'hui adaptée dans des systèmes embarquant des cartes numériques 3D avec des objectifs similaires.

Trois axes majeurs ont été développés dans le projet, tous illustrés avec des données réelles et valorisés par des publications scientifiques :

- Techniques de segmentation et de classification d'images fish-eye couleurs, comparées aux techniques de la littérature, permettant en temps réel, de détecter l'état de réception des signaux satellitaires reçus en fonction des obstacles rencontrés (bâtiment, végétation).
- Estimation de la structure 3D de l'environnement urbain à partir du traitement des images fournies par un système de perception mono et multi caméras fisheye. Positionnement du mobile relativement aux bâtiments pour estimer les retards dus aux réflexions multiples.
- L'utilisation de ces connaissances sur la propagation des signaux reçus pour une estimation plus précise de la position : par détection et exclusion du/des satellite(s) reçu(s) de façon indirecte ; par la pondération de ces satellites pour une solution plus optimale des signaux disponibles et par la correction de l'estimation de la pseudo-distance grâce au modèle 3D.

L'objectif final du projet était l'amélioration de la précision de la localisation, et, sur la trajectoire testée, la meilleure précision obtenue (avec la méthode des moindres carrés pondérés) a permis de localiser le véhicule à 3,28m en moyenne contre 10,57m avec une méthode dite « classique ». Les méthodes développées ouvrent encore des perspectives d'amélioration qu'il faudra poursuivre, en affinant le critère de pondération mais aussi en ouvrant la connaissance a priori de l'état de réception à d'autres algorithmes d'estimation dynamique de l'erreur ou en étudiant les passerelles entre ces méthodes et les méthodes utilisant des modèles 3D embarqués, qui se développent depuis 3 ans.

Les recherches effectuées sur les axes traitements d'images sont également riches de perspectives. La classification des pixels des images fisheye a intéressé les industriels de la simulation GNSS qui y ont vu un outil pour la modélisation de masquages réalistes ou pour le développement de techniques d'intégrité dans des environnements contraints. L'approche de segmentation d'images proposée et combinant de manière adaptative et non paramétriques les informations de couleur et de texture pourrait par exemple être utilisée dans d'autres applications. En effet, une segmentation fine de l'image faisant ressortir différentes zones d'intérêts est un atout pour le développement d'outils d'aide à la vidéosurveillance intelligente ou encore d'aide au diagnostic dans le domaine de la santé. De plus, les algorithmes de caractérisation fine (ciel/bâtiment/végétation) de l'environnement urbain pourraient être utilisés à d'autre domaine du transport, de la robotique, ou de la défense.

L'idée de corriger les erreurs de pseudo-distance dues aux réflexions des signaux GNSS sur les bâtiments a été validée dans la littérature sur la base de modèles numériques de terrain (MNT) embarqués à bord du mobile. Cette technique nécessite non seulement un MNT à jour et la possibilité de pouvoir se localiser assez précisément dans ce modèle à partir des signaux GNSS reçus. Les performances obtenues dépendent donc beaucoup de la précision de la carte et de la position GNSS initiale. CAPLOC propose non seulement d'estimer la structure 3D de l'environnement urbain en temps-réel et d'y positionner le mobile. Avec cela nous échappons à la nécessité de connaître avec précision la position initiale du mobile et nous faisons appel à des informations 3D actualisées et produites à partir d'un point de vue plus proche de celui de l'antenne GNSS. En fusionnant les modèles 3D de l'environnement obtenus au cours du déplacement, il est possible de calculer un modèle complet du trajet du mobile. Dans le cadre d'une flotte de véhicules munis de système de communication V2V et V2I, l'ambition pourrait être de concevoir de manière collaborative un modèle 3D toujours mise à jour à la dimension d'une ville. L'utilisation d'une seule caméra HD fisheye fait du système CAPLOC un système peu encombrant, facilement intégrable. Les algorithmes proposés permettent d'obtenir un modèle 3D assez précis sur lequel il est possible de renseigner la nature des objets numérisés comme le proposent les recherches décrites précédemment. La solution mono fisheye intégrée est utilisable dans d'autres contextes tels que celui de la robotique mobile et tout particulièrement celui du développement des robots d'assistance. Il est également envisagé de l'exploiter dans le cadre d'une flotte de drones pour des applications de surveillance d'infrastructures terrestres.

Le projet CAPLOC a montré, avec des résultats de recherche amont, que le concept utilisant l'image acquise en mobilité, pour une connaissance de la propagation des signaux GNSS permettait d'améliorer la précision de localisation dans des environnements urbains. A l'origine développé à la demande d'opérateurs de transports publics, le concept a été validé essentiellement sur véhicules routiers dans CAPLOC, et partiellement à partir d'images ferroviaires avec quelques images issues du

projet européen SATLOC. Le système développé aujourd'hui comporte une caméra à objectif fisheye à placer verticalement sur le toit du véhicule, à proximité d'une antenne GNSS, un récepteur GNSS et un ordinateur pour le stockage et le traitement des acquisitions. Le système est tout à fait transposable à d'autres modes de transport. Les travaux futurs devront envisager la simplification ou la miniaturisation des équipements pour un embarquement plus facile dans tout type de véhicule. L'implémentation sur des processus parallèles pour optimiser la rapidité de traitement aidera à atteindre le temps réel, en particulier pour la construction du modèle 3D.

Opérations de valorisation

Le projet et ses résultats ont été présentés à de nombreuses reprises tout au long du projet :

- dans des colloques scientifiques, pour confronter les travaux de recherche avec l'état de l'art et les communautés de chercheurs, en traitement d'images (ISPRS-SSG 2013, SITIS 2012, ITSC 2011) et en localisation (Journées Nationales des Communications dans les Transports 2013, European Workshop on GNSS Signals and Signal Processing 2013, workshop on Earth-Space propagation du CNES-ONERA 2013, Workshop du COST SaPPART 2013 pour les plus récentes),
- un article a été publié en revue (considérée comme « de rang A » avec un facteur d'impact de 2,820) en 2013 dans Transportation Research Part C: Emerging technologies.
- dans des congrès spécialisés sur les transports (Transportation Research Arena 2014, ATEXPO 2013 et 2014) pour se confronter aux utilisateurs. La présentation à ATEXPO 2013 a reçu un prix de meilleure présentation et une publication dans la revue spécialisée TEC. Nous avons également saisi les opportunités de séminaires pour valoriser les travaux et porter le concept, dans le cadre du PREDIT, du GIS ITS ou encore de la commission GeoPos de la CNIG.

L'expertise acquise dans le projet en traitement d'image et en localisation par satellite a pu être partiellement transférée dans un projet européen à vocation ferroviaire, le projet SATLOC, et nous avons été sollicités par Thales pour un appel à projet du CNES.