



Foreword



Geolocation and navigation have recently sparked considerable interest in both the society and the research community, while related technologies have been enjoying massive deployment. They are even seen today as key enablers into various emerging applications and services, such as indoor personal navigation, communication networks optimization, intelligent transport systems such as autonomous vehicles, geo-tagging of connected objects (supporting in particular the development of the internet of things), environment monitoring and automation in smart buildings or smart cities... But these two functionalities also raise unprecedented challenges and open questions in a wide range of scientific fields, including (though not restricting to) Global Navigation Satellite Systems (GNSS), on which our economy is increasingly dependent. In this dossier, we thus account for a selection of recent research results and trends addressing the *Geolocation and Navigation* problem in various aspects and from various perspectives, as follows.

First of all, whereas GNSS systems were not originally intended to fulfill ultra-accurate positioning requirements, it is shown how a diverted use of the signals makes it possible to reach satellite–receiver distance measurements within millimetric precision. Beyond, as satellite-based geolocation may require extremely powerful clocks, which constitute another major technological challenge, we also report hereafter some results from the analysis of the GREAT (Galileo gravitational Redshift test with Eccentric sATellites) experiment from SYRTE (“Observatoire de Paris”), funded by the European Space Agency.

Furthermore, while context awareness and environment sensing call for intricate and complex location-dependent features, radars also play a significant role with respect to the localization problem. Accordingly, with the emergence of new radar systems using multiple parallel channels on transmit and receive sides, as well as wider instantaneous bandwidths and/or space-time diversity, standard operating trade-offs are becoming more complex to address, but they also enable much finer flexibility and higher performance levels. Besides, other complementary techniques devoted to simultaneous localization and mapping (SLAM) have been paving the way to personal radar, autonomous mobility and sensor data geo-tagging in unknown, uncontrolled and/or harsh environments (e.g., in post-disaster situations).

More generally speaking, beyond position accuracy consideration, another aim shared by a few reported proposals consists in improving the resilience and the service continuity of localization systems (e.g., against GNSS outage in vehicular navigation, against radio obstructions in crowded indoor environments...), typically through multi-node cooperation and/or multi-sensor data fusion.

Finally, since geolocation clearly requires advanced estimation tools and methods, some contributions explore the potential of variants of Bayesian filtering and novel nonlinear least squares approaches in particularly challenging contexts, for the demonstration of asynchronous multi-vehicle localization and highly maneuvering target tracking, respectively.

Avant-propos

La géolocalisation et la navigation ont récemment suscité un intérêt considérable, tant dans la société que dans le monde de la recherche, tandis que les technologies associées connaissent un déploiement de plus en plus massif. Elles sont même aujourd'hui considérées comme des catalyseurs clés de diverses applications et services émergents, tels que la navigation personnelle en intérieur, l'optimisation des réseaux de communication, les systèmes de transport intelligents comme les véhicules autonomes, le géo-marquage des objets et capteurs connectés (soutenant en particulier le développement de l'internet des objets), la surveillance de l'environnement et l'automatisation dans les bâtiments intelligents ou les villes intelligentes... Mais ces deux fonctionnalités soulèvent également des défis sans précédent et des questions ouvertes dans un large éventail de champs scientifiques, incluant notamment le domaine des systèmes de navigation globale par satellite

(GNSS) (mais sans toutefois s'y limiter), vis-à-vis desquels notre économie est de plus en plus dépendante. Nous présentons donc dans ce dossier une sélection de tendances et de résultats de recherche récents abordant les problèmes de la géolocalisation et de la navigation sous divers aspects et selon diverses perspectives, comme suit.

Tout d'abord, alors que les systèmes GNSS n'étaient pas conçus à l'origine pour répondre à des exigences de positionnement ultra-précis, il est montré comment une utilisation détournée des signaux permet d'atteindre des mesures de distance satellite-récepteur avec une précision millimétrique. Au-delà, la géolocalisation par satellite pouvant nécessiter des horloges extrêmement performantes, ce qui constitue un autre défi technologique majeur, nous rapportons également ci-après certains résultats issus de l'analyse de l'expérience GREAT (*Galileo gravitational Redshift test with Eccentric sATellites*) du SYRTE (Observatoire de Paris), financée par l'Agence spatiale européenne.

En outre, alors que la connaissance de contexte et la caractérisation d'environnement sous-tendent l'acquisition de caractéristiques physiques complexes et fortement topo-dépendantes, les radars sont également amenés à jouer un rôle important en ce qui concerne le problème de localisation. En conséquence, avec l'émergence de nouveaux systèmes utilisant de multiples canaux en parallèle côté émission et réception, ainsi que des largeurs de bande instantanées plus larges et/ou la diversité spatio-temporelle, les compromis d'exploitation standard deviennent plus complexes, mais permettent une flexibilité beaucoup plus fine et des niveaux de performance plus élevés. En outre, d'autres techniques complémentaires consacrées à la localisation et à la cartographie simultanées (SLAM) ouvrent aujourd'hui la voie au radar personnel, à la mobilité autonome et à la géolocalisation de données de capteurs dans des environnements inconnus, incontrôlés et/ou difficiles (par exemple, dans des situations post-catastrophe).

Plus généralement, au-delà des seules considérations de précision, quelques propositions rapportées dans ce dossier ont aussi pour objectif d'améliorer la résilience et la continuité de service des systèmes de localisation (par exemple, vis-à-vis des interruptions de réception GNSS pour la navigation automobile ou des obstacles radio dans des environnements intérieurs très fréquentés, etc.), en tirant profit d'une forme de coopération multi-nœuds et/ou d'une fusion de données multi-capteurs.

Enfin, comme la géolocalisation nécessite des outils et des méthodes d'estimation avancés, certaines contributions explorent le potentiel de certaines variantes de filtrage bayésien ou de nouvelles formulations non linéaires du problème des moindres carrés dans des contextes d'application particulièrement difficiles, respectivement pour la localisation asynchrone de plusieurs véhicules ou encore pour le suivi de cibles manœuvrantes.

Jean-Benoît Agnani
Agence nationale des fréquences,
78, avenue du Général-de-Gaulle,
94704 Maisons-Alfort, France
E-mail address: Jean-Benoit.AGNANI@anfr.fr

Benoît Denis
Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives,
17, rue des Martyrs,
38054 Grenoble cedex, France
E-mail address: benoit.denis@cea.fr