

# **Navigation Sensors and Systems in Global Navigation Satellite Systems (GNSS) Degraded and Denied Environments**

**(STO-EN-SET-197)**

## **Executive Summary**

The objective of this two-day Lecture Series is to present the current state of the art in navigation sensors and systems to be used in GNSS degraded and denied environments. Lecturers will present material that provides an understanding of the issues faced by today's system designers and users. Through this Lecture Series, the technical community will be updated on sensors and current systems design techniques as practiced by leading experts in the field.

The first day begins with a short introduction and overview of the Lecture Series. This is followed by a paper that provides a system level overview and rationale for the remaining papers. It is pointed out that the extremely low power of the GNSS signals received at the surface of the Earth creates many difficulties in reliably using the GNSS signals for navigation. Other sensors may be required for navigation and their integration with GNSS is discussed. Since received power is so low, high sensitivity receivers will be discussed in the third paper. GNSS signal acquisition and tracking difficulties in radio frequency (RF) perturbed environments will be described, as well as, methods that have been developed and tested to somewhat overcome these difficulties. The fourth paper will emphasize the miniaturization of inertial instruments that leads to low cost integrated navigation systems that can operate through GNSS disruptions. Micro-electro-mechanical (MEMS) inertial sensors will be discussed, as well as, developments in nanotechnology. The fifth paper will discuss the use of magnetometers to determine absolute position. This approach would allow navigation in a GNSS denied environment provided the user has a map of the magnetic field including local variations. The sixth paper and final paper of the first day presents an overview of estimation techniques suitable for navigation systems with nonlinearities which are not well-suited to traditional linear or extended Kalman filter algorithms.

The second day starts with a paper discussing ongoing activities in the technology developments of miniature augmentation sensors that could be used to improve performance in applications with little or no GNSS signal. It concludes with test results demonstrating a prototype miniature navigation system for personal land navigation applications. The second paper describes the use of real-time kinematic (RTK) methods that can be used to obtain sub-decimeter accuracy real-time positioning and navigation for soldiers and other military assets. GNSS is the only system capable of delivering this level of performance worldwide with limited local ground infrastructure. The third paper will describe the use of RF signals for navigation specifically designed for this purpose (pseudolites and beacons), as well as, the use of signals that are not intended for navigation (signals of opportunity). The fourth paper deals with statistical predicative rendering techniques (SPR) that can be used in extracting navigation information from a sequence of images. The Lecture Series concludes with a Round Table Discussion with the lecturers and the audience.

# Systemes et capteurs de navigation dans les environnements dégradant ou bloquant le GNSS

(STO-EN-SET-197)

## Synthèse

L'objectif de cette série de conférences sur deux jours était de présenter l'état actuel de la technique des capteurs et systèmes de navigation à utiliser dans les environnements de GNSS dégradé ou bloqué qui dégradent ou bloquent le GNSS. Les conférenciers ont présenté des données permettant de comprendre les problèmes auxquels sont confrontés les concepteurs et les utilisateurs du système actuel. Cette série de conférences a informé la communauté des techniciens sur les capteurs et les techniques actuelles de conception des systèmes appliquées par les grands spécialistes du domaine.

Le premier jour a commencé par une brève introduction et un survol de la série de conférences. S'en est suivie une présentation donnant une vue d'ensemble des systèmes et justifiant les présentations suivantes. Il a été souligné que la très faible puissance des signaux GNSS reçus à la surface de la Terre entraîne beaucoup de problèmes de fiabilité d'utilisation des signaux GNSS dans la navigation. D'autres capteurs pouvant être nécessaires à la navigation et leur intégration avec le GNSS ont été évoqués. En raison de la faible puissance reçue, des récepteurs à forte sensibilité ont fait l'objet de la troisième présentation. Les difficultés d'acquisition et de suivi du signal GNSS dans les environnements de radiofréquences (RF) brouillées ont été décrites, ainsi que les méthodes développées et testées pour surmonter quelque peu ces difficultés. La quatrième présentation concernait la miniaturisation des instruments inertiels qui permet de fabriquer des systèmes de navigation intégrés à faible coût pouvant fonctionner malgré les perturbations du GNSS. Les capteurs inertiels à micro-systèmes électromécaniques (MEMS) ont été évoqués, ainsi que les évolutions de la nanotechnologie. La cinquième présentation a traité de l'utilisation de magnétomètres pour déterminer la position absolue. Cette approche permettrait la navigation dans un environnement bloquant le GNSS, à condition que l'utilisateur dispose d'une carte du champ magnétique avec les variations locales. La sixième et dernière présentation du premier jour a donné une vue d'ensemble des techniques d'estimation adaptées aux systèmes de navigation ayant des non-linéarités qui ne conviennent pas bien aux algorithmes linéaires traditionnels ou aux algorithmes de filtre de Kalman étendu.

Le second jour a commencé par une présentation portant sur les activités de développement actuelles de capteurs d'appoint miniatures qui pourraient servir à améliorer les performances des applications ne recevant pas de signal GNSS ou un signal faible. Cette présentation s'est conclue par des résultats d'essai avec la démonstration d'un prototype de système de navigation miniature destiné aux applications de navigation terrestre personnelle. La deuxième présentation a décrit l'utilisation de méthodes de cinématique en temps réel (RTK) qui peuvent servir à obtenir une précision inférieure au décimètre dans le positionnement et la navigation en temps réel des soldats et autres ressources militaires. Le GNSS est le seul système capable d'offrir ce niveau de performance dans le monde entier avec une infrastructure terrestre locale limitée. La troisième présentation portait sur l'utilisation de signaux RF spécialement conçus pour la navigation (pseudolites et balises), ainsi que l'utilisation de signaux qui ne sont pas prévus pour la navigation (signaux d'opportunité). La quatrième présentation a traité des techniques de rendu statistique prédictif (SPR) pouvant servir à extraire des informations de navigation d'une séquence d'images. La série de conférences s'est conclue par une table ronde regroupant les conférenciers et le public.