

Radar Polarimetry and Interferometry

(RTO-EN-SET-081bis)

Executive Summary

Radar Polarimetry and Radar Interferometry deliver and use the complete information which can be gained with electromagnetic wave remote sensing about targets of any kind. Therefore, the use of high resolution full polarimetric SAR is indispensable for surveillance, reconnaissance, and remote sensing, and the related fields of SAR Polarimetry and SAR-Interferometry are advancing rapidly.

Scientists and engineers already engaged in the fields of radar surveillance, reconnaissance and scattering measurements, for instance, generally gain their specialist knowledge in Polarimetry by working through scientific papers and specialised literature available on the subject. Presently, the treatment of basic Polarimetry concepts, in the currently available literature, lacks a coherent framework of theory, and, moreover, several basic definitions and conventions are not yet unified sufficiently under the light of physical principles. This Lecture Series is an attempt to redress this problem. The aim of this Lecture Series is to provide a substantial and balanced introduction to the basic theory, scattering concepts, systems and applications typical to polarimetric and interferometric radar reconnaissance and surveillance, to introduce the cutting-edge technologies, and new ideas and methodologies as well. Application examples are presented, and, additionally, each chapter contains an excessive reference list which covers the most important publications in these fields over the last decade.

Each target is a specific polarization transformer and, therefore, these technologies are increasing the target identification and classification capability decisively. With multi-polarization the target fine-structure, target orientation, symmetries and material constituents can be recovered with considerable improvement above that of standard 'amplitude-only' radar. With radar interferometry the target's spatial structure can be explored and differential interferometry, presently, is the most sensitive all weather technique for change detection. In 'Polarimetric Interferometric SAR' it is possible to recover co-registered textural and spatial information simultaneously, including the extraction of ground based stealth targets, the development of Digital Elevation Maps etc. as well. Among surveillance and reconnaissance techniques, the polarimetric & interferometric SAR attracts currently the most appreciable and outranking attention because of its capabilities for 3-D high resolution imaging with abundant additional information. Then, by either designing 'Multiple Dual-Polarization Antenna POL-IN-SAR' systems or by applying advanced 'POL-IN-SAR image compression techniques' this will result in 'Polarimetric Tomography' which is an important progress in Foliage Penetration and Ground Penetration Radar as well.

In this Lecture Series the successive advancements are sketched beginning with the fundamentals, and highlighting the salient points of these diverse remote sensing techniques. The following topics are addressed: Basics, advanced concepts and applications of both radar Polarimetry and SAR interferometry. For Interferometry cross track and along track interferometry, single and dual pass interferometry, interferometry errors and accuracies, and differential interferometry as well as permanent scattering interferometry. Basics of Polarimetry are presented as well as electromagnetic vector wave and polarization descriptors, vector wave scattering operators and the polarimetric scattering matrices. The Polarimetric Radar optimization for coherence is discussed as well as processing and image analysis, and the most important decomposition theorems. A general formulation for vector wave interferometry is presented and the strong polarization dependence of the coherence is addressed as well as an analytical solution for optimum polarization states that maximizes the interferometric capability of a SAR. A new coherent decomposition theorem for interferometric applications based on the singular value spectrum of a 3×3 complex matrix which allows the decomposition of polarimetric interferometric problems into a set of coherent scattering mechanisms is presented as well as a decomposition theorem for interferometric applications based on the Singular value spectrum of a 3×3 complex matrix which allows the decomposition of polarimetric interferometric problems into a set of coherent scattering mechanisms. Beside different airborne systems the following space borne systems are addressed: SIR-C/X-SAR, SRTM, ERS-1/2, both RadarSAT 1 and 2, ENVISAT/ASAR, TerraSAR, SAR-Lupe and, as example for a future possible System, Tandem-x).

La polarimétrie et l'interférométrie radar

(RTO-EN-SET-081bis)

Synthèse

La polarimétrie radar et l'interférométrie radar génèrent et utilisent l'ensemble des informations pouvant être recueillies grâce à la télédétection électromagnétique sur tout type de cibles. Par conséquent, l'utilisation d'un SAR polarimétrique à haute résolution est indispensable pour la surveillance, la reconnaissance et la télédétection et les domaines associés de la polarimétrie SAR et de l'interférométrie SAR évoluent rapidement.

Les scientifiques et ingénieurs d'ores et déjà spécialisés dans les domaines des mesures de diffusion, de la reconnaissance et de la surveillance radar, par exemple, acquièrent généralement leurs connaissances spécialisées en Polarimétrie en étudiant des articles scientifiques et de la littérature spécialisée disponibles sur le sujet. Actuellement, le traitement des concepts de polarimétrie de base, dans la littérature disponible, ne dispose pas d'un cadre théorique cohérent et, en outre, un certain nombre de définitions et de conventions de base ne sont pas encore suffisamment unifiées à la lumière des principes physiques. Cette série de conférences tend à solutionner ce problème. Le but de cette série de conférences est de faire une présentation générale et objective de la théorie de base, des concepts, systèmes et applications de diffusion typiques de la reconnaissance et de la surveillance radar polarimétrique et interférométrique, et de présenter les technologies avant-gardistes, ainsi que les nouvelles idées et méthodes. Des exemples d'applications sont présentés et, en outre, chaque chapitre contient une liste de références couvrant les principales publications dans ces domaines au cours de la dernière décennie.

Chaque cible est un transformateur de polarisation spécifique et donc, ces technologies augmentent sensiblement les possibilités d'identification et de classification des cibles. Grâce à la multi-polarisation, la structure fine de la cible, son orientation, les symétries et les composants matériels peuvent être récupérés avec une amélioration considérable par rapport au radar standard du type « amplitude uniquement ». Grâce à l'interférométrie radar, la structure spatiale de la cible peut être explorée et l'interférométrie différentielle constitue actuellement la technique tous temps la plus sensible pour la détection des modifications. Avec le « SAR polarimétrique interférométrique », il est possible d'obtenir simultanément les informations spatiales et de texture co-enregistrées, notamment l'extraction des cibles furtives au sol, le développement de cartes de site numériques, etc. Parmi les techniques de surveillance et de reconnaissance, le SAR polarimétrique et interférométrique fait actuellement l'objet d'une attention particulière du fait de ses capacités d'imagerie 3D haute résolution avec de nombreuses informations complémentaires. Ensuite, grâce à la conception de systèmes « POL-IN-SAR avec antennes multiples à double polarisation » ou à l'application de « techniques de compression d'image POL-IN-SAR » avancées, il sera possible de réaliser une « Tomographie polarimétrique » ce qui constitue une avancée importante pour la pénétration de la végétation et pour la pénétration du sol.

Cette série de conférences décrit les progrès successifs en commençant par les notions fondamentales et en insistant sur les points forts de ces différentes techniques de télédétection. Les sujets suivants sont traités : éléments de base, concepts avancés et applications de la polarimétrie radar et de l'interférométrie SAR. Pour l'interférométrie, interférométrie transversale et longitudinale, interférométrie à une seule passe et à deux passes, erreurs et précision en interférométrie et interférométrie différentielle, ainsi que l'interférométrie à diffusion permanente. Les éléments de base de la polarimétrie sont présentés, ainsi que les descripteurs de polarisation et d'ondes vectorielles électromagnétiques, les opérateurs de diffusion en ondes vectorielles et les matrices de diffusion polarimétrique. L'optimisation du radar polarimétrique à des fins de cohérence est abordée ainsi que le traitement et l'analyse des images et les principaux théorèmes de décomposition. Une formulation générale de l'interférométrie en ondes vectorielles est présentée et la forte dépendance de polarisation de la cohérence est traitée, ainsi qu'une solution analytique des états de polarisation optimum qui augmente les capacités interférométriques du SAR. Un nouveau théorème de décomposition cohérent relatif aux applications interférométriques basées sur le spectre de valeur unitaire d'une matrice complexe 3×3 permettant de décomposer les problèmes d'interférométrie et de polarimétrie en un ensemble de mécanismes de diffusion cohérents est présenté, ainsi qu'un théorème de décomposition relatif aux applications interférométriques basées sur le spectre de valeur unitaire d'une matrice complexe 3×3 permettant de décomposer les problèmes d'interférométrie et de polarimétrie en un ensemble de mécanismes de diffusion cohérents. Outre les différents systèmes aéroportés, les systèmes spatiaux suivants sont traités : SIR-C/X-SAR, SRTM, ERS-1/2, RadarSAT 1 et 2, ENVISAT/ASAR, TerraSAR, SAR-Lupe et, comme exemple d'un possible future système, Tandem-x).