



Doctoral Thesis

Forest parameter estimation using polarimetric SAR interferometry techniques at low frequencies

Author(s):

Lee, Seung-Kuk

Publication Date:

2012

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-007615658> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH NO. 20761

Forest Parameter Estimation Using Polarimetric SAR Interferometry Techniques at Low Frequencies

A dissertation submitted to
ETH ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by

SeungKuk Lee

Master of Sciences, Yonsei University
born on 29 April 1975
citizen of Korean

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Irena Hajnsek, examiner
Prof. Dr. Alberto Moreira, co-examiner
Prof. Dr. Juan Manuel Lopez-Sanchez, co-examiner

2012

Abstract

Polarimetric Synthetic Aperture Radar Interferometry (Pol-InSAR) is an active radar remote sensing technique based on the coherent combination of both polarimetric and interferometric observables. The Pol-InSAR technique provided a step forward in quantitative forest parameter estimation. In the last decade, airborne SAR experiments evaluated the potential of Pol-InSAR techniques to estimate forest parameters (e.g., the forest height and biomass) with high accuracy over various local forest test sites.

This dissertation addresses the actual status, potentials and limitations of Pol-InSAR inversion techniques for 3-D forest parameter estimations on a global scale using lower frequencies such as L- and P-band.

The multi-baseline Pol-InSAR inversion technique is applied to optimize the performance with respect to the actual level of the vertical wave number and to mitigate the impact of temporal decorrelation on the Pol-InSAR forest parameter inversion.

Temporal decorrelation is a critical issue for successful Pol-InSAR inversion in the case of repeat-pass Pol-InSAR data, as provided by conventional satellites or airborne SAR systems. Despite the limiting impact of temporal decorrelation in Pol-InSAR inversion, it remains a poorly understood factor in forest height inversion. Therefore, the main goal of this dissertation is to provide a quantitative estimation of the temporal decorrelation effects by using multi-baseline Pol-InSAR data. A new approach to quantify the different temporal decorrelation components is proposed and discussed. Temporal decorrelation coefficients are estimated for temporal baselines ranging from 10 minutes to 54 days and are converted to height inversion errors.

In addition, the potential of Pol-InSAR forest parameter estimation techniques is addressed and projected onto future spaceborne system configurations and mission scenarios (Tandem-L and BIOMASS satellite missions at L- and P-band). The impact of the system parameters (e.g., bandwidth, NESZ, ambiguities) and the operation scenario (e.g., temporal decorrelation due to a repeat-pass orbit) is evaluated and discussed with respect to the retrieval of the forest parameters. The study is supported and validated by using repeat-pass Pol-InSAR data at L- and P-band acquired by DLR's E-SAR system over Remningstorp (BioSAR 2007, hemi-boreal forest), Krycklan (BioSAR 2008, boreal forest) and Traunstein (TempoSAR 2008 and 2009, temperate forest) test sites. The simulated spaceborne data sets generated during the BioSAR 2007 campaign are used to carry out the performance analysis.

Keywords: Pol-InSAR, forest parameter estimation, forest height, L-band, P-band, temporal decorrelation

Zusammenfassung

Polarimetrische SAR Interferometry (Pol-InSAR) ist eine aktive Radarfernerkundungstechnik, welche auf der kohärenten Kombination aus polarimetrischen und interferometrischen Aufnahmen basiert. Die Pol-InSAR Technik stellt einen Meilenstein in der quantitativen Bestimmung von Waldparametern dar. Im letzten Jahrzehnt wurde mit Flugzeug-SAR Experimenten das Potential der Pol-InSAR Technik zur hochgenauen Bestimmung von Waldparametern (z.B. Waldhöhe und Biomasse) evaluiert und Ergebnisse über verschiedenen lokalen Waldtestgebieten validiert.

Diese Dissertation behandelt den aktuellen Status, die Potentiale und die Limitierungen der Pol-InSAR Invertierungstechnik zur globalen 3-D Waldparameterbestimmung mit niedrigen Frequenzen, wie L- und P-band.

Die multi-baseline Pol-InSAR Invertierungstechnik wird angewandt, um die Leitungsfähigkeit in Bezug auf die Sensitivität zur vertikalen Wellenzahl zu optimieren und den Einfluss der temporalen Dekorrelation auf die Pol-InSAR Waldparameterbestimmung abzuschwächen.

Temporale Dekorrelation ist ein entscheidender Faktor für die erfolgreiche Bestimmung von Waldparametern aus Repeat-pass Pol-InSAR Daten, wie sie von konventionellen Satelliten und Luft-gestützten SAR Systemen geliefert werden. Trotz des limitierenden Einflusses der temporalen Dekorrelation in der Pol-InSAR Invertierung, bleibt sie ein wenig verstandener Faktor in der Waldhöhenbestimmung. Deshalb ist ein Hauptziel dieser Dissertation die Quantifizierung von temporalen Dekorrelationseffekten mit Hilfe von multi-baseline Pol-InSAR Daten. Ein neuer Ansatz zur quantitativen Bestimmung von verschiedenen Komponenten der temporalen Dekorrelation wird vorgeschlagen und diskutiert. Ausmaß der temporalen Dekorrelation ist mit Hilfe von temporalen Basislinien zwischen 10 Minuten und 54 Tagen ermittelt und ist in dekorrelationsbedingte Fehler bei der Waldhöheninvertierung umgerechnet.

Außerdem werden die Potentiale und Einschränkungen der Pol-InSAR gestützten Waldparameterbestimmung angesprochen und deren Auswirkung auf künftige Weltraum-gestützte Aufnahmesysteme projiziert (Tandem-L und Biomass Missionen im L- und P-Band). Der Einfluß der Systemparameter (z.B. Signalbandbreite, NESZ, Ambiguitäten) und des Missionsszenarios (z.B. temporale Dekorrelation aufgrund des Repeat-pass Orbits) wird evaluiert und ein Test zur Leistungsfähigkeit der Waldparameterbestimmung durchgeführt.

Die Untersuchungen werden unterstützt und mit Hilfe von repeat-pass Pol-InSAR Daten im L- und P-band validiert, welche durch das E-SAR System des DLR im Rahmen von kürzlich durchgeführten Waldkampanien über Remningstorp (BioSAR 2007, hemi-borealer Wald) und Krycklan (BioSAR 2008, borealer Wald) sowie über Traunstein (TempoSAR 2008/2009, gemäßiger Wald) aufgenommen wurden. Zudem wurden Weltraum gestützte Daten innerhalb

der BioSAR 2007 Kampagne simuliert und ebenfalls für die Untersuchungen zur Leitungsfähigkeitsanalyse verwendet.

Schlagwörter: Pol-InSAR, Bestimmung von Waldparametern, Waldhöhe, L-band, P-band, temporale Dekorrelation