

Procesado Interferométrico de Datos SAR de Sensores Aerotransportados

MARC BARA, ANTONI BROQUETAS

DEPT. DE TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES; UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.
C/ JORDI GIRONA, 1-3, 08034 BARCELONA; mabara@tsc.upc.es

Abstract:

SAR Interferometry is a useful tool which allows the generation of high-precision Digital Elevation Models of the Earth surface. The paper describes an operational scheme of an interferometric processor, applicable to airborne data, which takes into account the specific nature of such platforms: observation geometry, phase characteristics or motion instabilities.

1. Introducción

Las técnicas interferométricas aplicadas sobre imágenes SAR (radar de apertura sintética) permiten la obtención de información de relieve del terreno observado. Mediante este tipo de sensores, embarcados en plataformas orbitales o aerotransportadas, es posible la generación precisa de mapas digitales de elevación (DEM). El método se basa en combinar la información de fase recibida por dos antenas separadas una cierta distancia (conocida como línea de base) para generar un patrón de interferencias (interferograma) a partir de dos imágenes SAR (de coordenadas range y acimut) correctamente enfocadas [1]. En el caso aerotransportado, el enfoque SAR requiere de una correcta compensación del movimiento del propio avión, tal como se describe en [2]. A continuación, el proceso de obtención de DEMs se divide en diferentes etapas, las cuales deben tener en cuenta las características propias de sensores aerotransportados, como es el caso del sistema INTASAR.

2. Procesador interferométrico

Los diferentes bloques de generación del DEM final se conocen como Procesador Interferométrico, (Figura 1). El funcionamiento de algunos módulos es similar al caso orbital, expuesto en diversas fuentes [1].

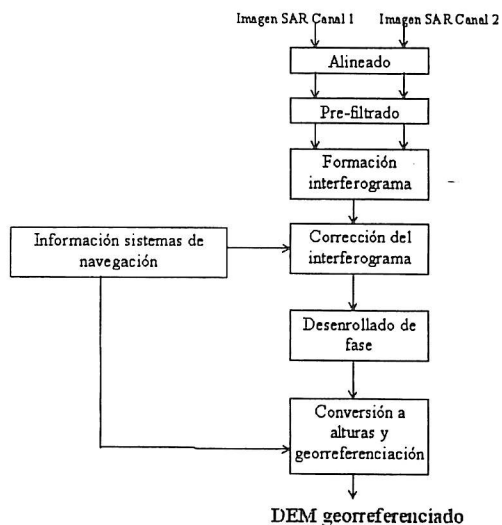


Figura 1. Procesador interferométrico

A continuación se exponen las principales características diferenciales del caso aerotransportado.

Etapa de alineado

Ambas imágenes SAR deben estar correctamente alineadas: una celda de resolución en la imagen 1 debe corresponderse con la información de la misma porción de terreno en la imagen 2. En los sistemas de pasada única, como es el caso de la plataforma INTASAR, el alineado en la dimensión acimut es en principio exacto, ya que se conoce la posición relativa de las antenas en esta dirección. En el caso orbital (pasada doble) este proceso puede resultar más complicado, requiriéndose algunos puntos de control para un correcto registro de las órbitas [4]. En la dimensión range es necesario realizar un alineado muy preciso que contemple aspectos geométricos. Dicha etapa puede utilizar la correlación cruzada entre imágenes, y su resultado debe presentar una precisión superior a 1/10 de píxel para evitar una excesiva degradación de fase.

Pre-filtrado

Una vez alineadas, en principio debe aplicarse un filtrado a cada una de las dos imágenes SAR en las direcciones range y/o acimut. Por una parte, el filtrado range elimina la banda del espectro no coincidente entre las dos imágenes, evitando de esta forma el fenómeno conocido como *decorrelación espacial* [1]. En el caso de un sistema aerotransportado de pasada única, las líneas de base utilizadas son del orden del metro, por lo que este fenómeno es de importancia menor. Asimismo, en este caso el filtrado en acimut no es necesario puesto que las características Doppler de las dos señales son suficientemente parecidas.

Corrección del interferograma

El bloque de corrección trata el interferograma para facilitar la posterior etapa de desenrollado. Se consideran dos partes; la primera de ellas consiste en la cancelación del término de fase denominado de *tierra plana*, el cual aporta franjas no relacionadas con el relieve. La segunda parte es un filtrado que pretende aumentar el nivel de calidad de fase. Aunque en un sistema aerotransportado de pasada única la coherencia entre imágenes es considerablemente alta, si se pretenden obtener precisiones de altura del orden del metro no puede prescindirse de un filtrado adecuado. En general, deben ser filtros adaptativos, ya que el patrón de interferencias no es homogéneo globalmente, sobretodo en el caso de topografía abrupta.

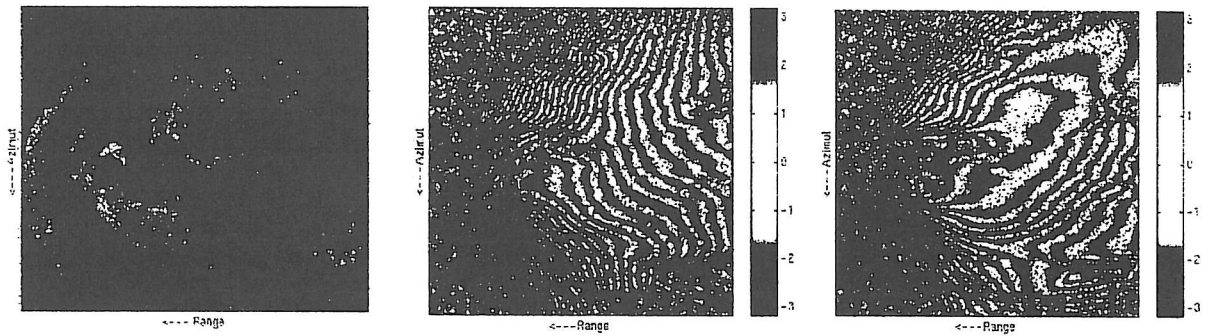


Figura 2. Imagen canal 1 (izquierda); Interferograma (centro); Interferograma sin tierra plana (derecha)

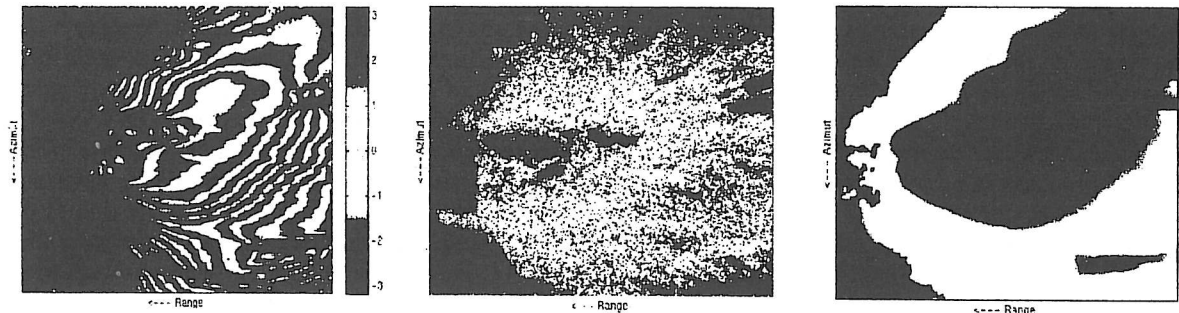


Figura 3. Interferograma filtrado (izquierda); Coherencia (centro); Fase desenrollada (derecha)

Desenrollado de fase

El bloque de desenrollado es clave en el procesado interferométrico. Hasta este momento, la fase interferométrica está en módulo 2π , por lo que debe integrarse para eliminar ambigüedades. Este proceso es relativamente sencillo en muchas zonas de un interferograma aerotransportado, debido a la alta coherencia. Sin embargo, para intentar penetrar en zonas difíciles (p.ej. sombras o zonas boscosas con baja coherencia) es óptimo aplicar técnicas combinadas de mínimos cuadrados y crecimiento de regiones.

Conversión a alturas y georreferenciación

El bloque de conversión a alturas y georreferenciación consiste en obtener el mapa de alturas de la imagen geoméricamente corregido. El problema debe considerarse con una geometría muy precisa, teniendo en cuenta la gran variación de ángulo de visión entre los blancos cercanos y lejanos en el caso aerotransportado, con el objetivo de obtener un DEM georreferenciado en un sistema cartográfico estándar, como por ejemplo un mallado UTM.

4. Resultados

En las Figuras 2 y 3 se muestran los resultados obtenidos durante el procesado interferométrico de datos captados por el sistema E-SAR del Instituto de Radiofrecuencia Alemán (DLR) [4], en un vuelo sobre el volcán Etna (Italia). Después de la etapa de alineado, se ha obtenido el interferograma de la Figura 2 (centro), al cual se le ha extraído el término de tierra plana (derecha), se le ha aplicado un filtro no lineal adaptativo (Figura 3, izquierda) y se ha desenrollado mediante un método combinado adecuado.

5. Conclusiones

Este artículo expone de un modo general el esquema global de procesado interferométrico SAR, y verifica su validez mediante resultados de cada uno de los bloques con datos del sensor E-SAR.

6. Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento al Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) por su colaboración en técnicas SAR aerotransportadas, así como también al Instituto de Radiofrecuencia Alemán (DLR) por la cesión de los datos utilizados en el procesado. Este trabajo ha sido financiado por la *Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT)* (Ref. TIC96-0879) y el *Comissionat per a Universitats i Recerca (CIRIT)*.

7. Referencias

- [1] D. Carrasco, "SAR Interferometry for Digital Elevation Model Generation and Differential Applications", *Tesis Doctoral, Barcelona* (1998).
- [2] M. Bara, J. Cachón, A. Broquetas, J. C. Crespo, "Procesado de Imágenes SAR (Radar de Apertura Sintética) Aerotransportado con Compensación de Movimiento", *Actas del XIII symposium nacional de la URSI, Pamplona* (1998).
- [3] M. Bara, O. Mora, M. Romero, A. Broquetas, "Generation of Precise Wide-Area Geocoded Elevation Models with ERS SAR Data", *International Geoscience and Remote Sensing Symp.*, (1999)
- [4] R. Horn, "The DLR Airborne SAR Project E-SAR", *International Geoscience and Remote Sensing Symp.*, (1996).