



Félix Pérez Martínez
Catedrático de la E.T.S.I. de
Telecomunicación de la Universidad
Politécnica de Madrid

Un radar imagen

Convencionalmente se asocia el radar a un dispositivo que es capaz de detectar la presencia de blancos y localizarlos a partir de los ecos producidos por éstos al ser iluminados con un tren de impulsos electromagnéticos. Definición que puede aplicarse a una buena parte de los radares actualmente desplegados pero que sólo describe una parte de los principios de funcionamiento y técnicas que éstos utilizan y de la información que obtienen.

Como su nombre indica, un radar imagen es un sensor capaz de obtener imágenes electromagnéticas de los blancos, complementando las funcionalidades de detección y localización. La obtención de imágenes de los blancos abre nuevas capacidades operativas como son la clasificación e identificación de blancos o el análisis de sus propiedades.

Imágenes electromagnéticas en las bandas de microondas

En las imágenes radar los blancos son extensos. Cada blanco está formado por un conjunto de blancos puntuales o puntos calientes ("hot spots") que se corresponden con las zonas del blanco de mayor reflectividad en la banda de trabajo empleada. Un sensor obtendrá una imagen si es capaz de separar estos puntos. La calidad de la imagen estará relacionada con la resolución –tamaño de la celda del sistema- que la señal transmitida y el procesado de señal empleado sean capaces de alcanzar.

Con carácter general, las imágenes electromagnéticas obtenidas por los radares que trabajan en las bandas de microondas tienen mucha peor "definición de imagen" que las obtenidas por los sensores electroópticos y son mucho más difíciles de obtener. Sin embargo se han desarrollado por las ventajas que aportan frente a

los anteriores, especialmente en ciertas aplicaciones:

- Son sensores "todo tiempo", pueden operar durante el día y la noche con independencia de las condiciones meteorológicas, lo que explica su masiva utilización en todo tipo de aplicaciones en seguridad y defensa. Esta propiedad se pierde al subir en

frecuencia, sobre todo a partir de 10 GHz.

- Capacidad de definir la excitación (bandas transmitidas), adaptándola a los objetos de interés. Así, se puede detectar la humedad o el grado de maduración de una cosecha mejor que con una imagen óptica, sobre todo si se emplean técnicas polarimétricas (detección y

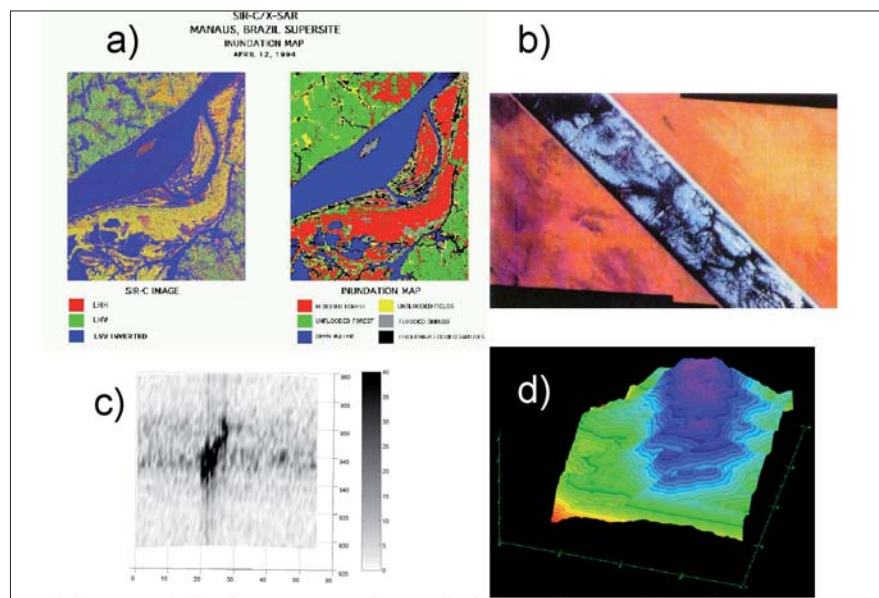


Figura 1. Imágenes radar: a) detección de inundaciones; b) detección de ruinas bajo la arena; c) helicóptero y d) imagen tridimensional.

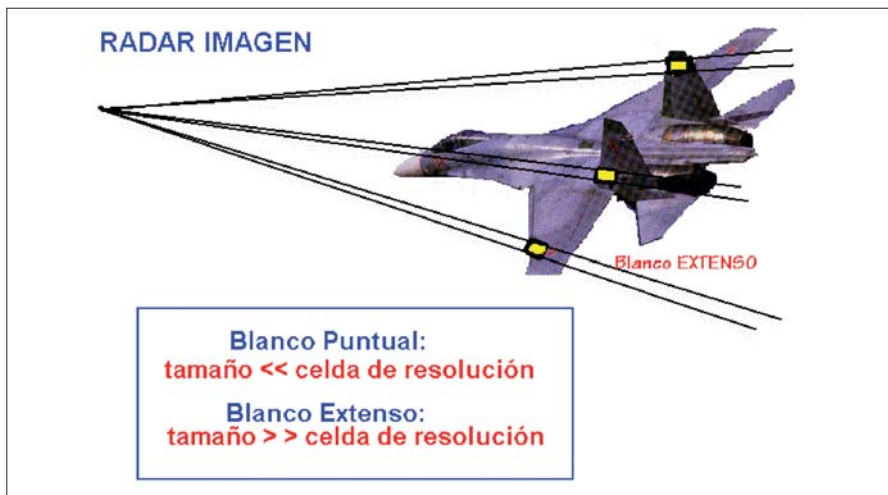


Figura 2. Obtención de una imagen. Blanco extenso.

comparación de los dos componentes –vertical y horizontal del campo electromagnético recibido).

- Capacidad de penetración en el suelo (trabajando hasta 2-3 GHz) que les permite detectar objetos ocultos bajo la vegetación, camuflajes e, incluso, enterrados. También permiten obtener imágenes tridimensionales. (Ver figura 1).
- Están soportados por tecnologías muy maduras que permiten largos alcances. De hecho en muchos casos éste está limitado en la práctica por la necesidad de línea de vista despejada.

Principio de funcionamiento

La obtención de una imagen radar requiere que el sensor disponga de suficiente resolución espacial, es decir de capacidad para discriminar dos objetos próximos (en realidad dos puntos calientes de un objeto), tal como se muestra en la figura 2. Se pueden distinguir dos tipos de resolución: la resolución angular y la resolución en distancia o radial. Ambas configuran la celda de

resolución de un radar. La celda de resolución de un radar convencional viene definida por la superficie en la que están todos los blancos cuyas señales reflejadas se suman en el receptor. En la figura 3 se presenta la celda de un radar bidimensional convencional.

Resolución en distancia. La capacidad de discriminar elementos de la imagen en distancia

depende de la anchura de banda transmitida (figura 3). Estos radares emplean pulsos modulados internamente en fase o frecuencia. Típicamente se emplean valores para D_f del orden de centenares de MHz, resultando resoluciones de unos metros. Sin embargo actualmente si se trabaja en bandas Ku y milimétricas, los avances y reducción de costes en las tecnologías de fabricación de circuitos y subsistemas de microondas y en las técnicas de procesado de señal a alta velocidad, permiten el uso, a un coste razonable, de anchos de banda del orden del GHz o superior con los que se obtienen resoluciones del orden de las decenas de centímetros, permitiendo la discriminación en distancia de los puntos calientes de casi todos los blancos de interés.

Resolución angular. La capacidad de discriminar angularmente los blancos depende de la “apertura eléctrica” del elemento que adapta la energía electromagnética

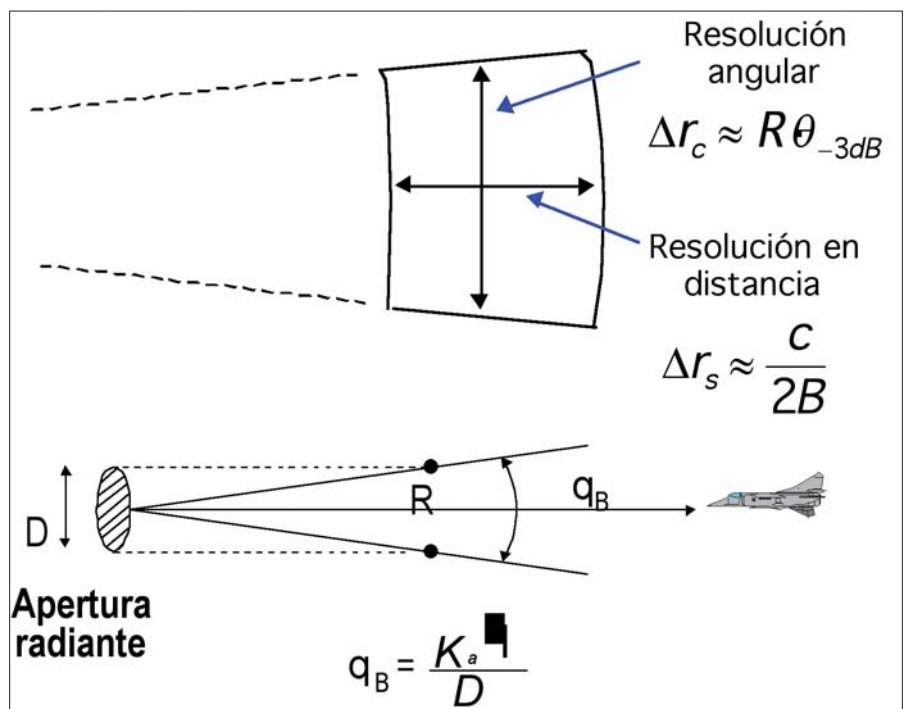


Figura 3. Resolución en distancia y angular de un radar.

al espacio permitiendo su radiación al mismo: la antena de un sensor de microondas o la lente de uno electroóptico. La “apertura eléctrica” no es sino el tamaño físico de la antena o lente en términos de longitudes de onda (figura 3). Obviamente si la longitud de onda es del orden de las micras se podrán obtener resoluciones muy buenas con tamaños razonables,

masivo proceso de señal basado en el uso de transformadas rápidas de Fourier permite la obtención de la imagen, separando los puntos calientes por su diferente desplazamiento Doppler.

Si el blanco no se mueve, por ejemplo cuando se pretenden obtener imágenes electromagnéticas del terreno, la solución es embar-

su identificación, permaneciendo el radar estático. A modo de ejemplo, en la figura 4 se presentan las imágenes obtenidas por un radar imagen en el Estrecho de Gibraltar. El sensor, desarrollado por el Grupo de Microondas y Radar de la Universidad Politécnica de Madrid, trabaja a en la banda de 30-35 GHz con anchos de banda instantáneos de transmisión y recepción de más de un GHz, lo que permite obtener resoluciones en distancia de decenas de centímetros.

Las imágenes presentadas pueden decepcionar frente a las obtenidas con cámaras ópticas o térmicas por su menor resolución, pero dotan a los sistemas radar de unas capacidades de identificación de las que no se disponía. De hecho las imágenes permiten establecer los tamaños y las formas de los blancos y, por tanto, su identificación, pero lo más importante es que su obtención no depende de la luz del día (cámaras ópticas) o de las condiciones meteorológicas (cámaras térmicas), asegurándose su operatividad 24 horas, 7 días a la semana, algo que para algunas aplicaciones es imprescindible. ♦

.....
“Las imágenes radar de los blancos permiten nuevas capacidades operativas como son la clasificación e identificación de blancos o el análisis de sus propiedades”

es el caso de los sensores electroópticos donde la imagen se obtiene de “forma natural” a partir de la resolución angular intrínseca aportada por las lentes.

Desgraciadamente con las longitudes de onda de los radares no es posible separar angularmente los puntos calientes de los blancos a no ser que se trabaje en bandas milimétricas y con un máximo alcance de decenas de metros. En casi todas las situaciones los puntos calientes de un blanco están dentro del haz de la antena y todos los que estén a la misma distancia –estrictamente en la misma celda de resolución en distancia- llegarán a la vez al receptor del sensor. ¿Cómo separarlos?

car el sensor en una plataforma aérea (satélite, aeronave o vehículo no tripulado) y conseguir así el movimiento relativo. De hecho es una de las técnicas que más se ha empleado desde hace decenas de años para obtener imágenes mediante los conocidos como radares de apertura sintética.

Si el blanco se mueve, sus movimientos de cabeceo, alabeo y guiñada se pueden traducir en correspondientes imágenes que permiten

Imágenes Distancia-Doppler. La técnica que se ha demostrado más útil para discriminar los puntos calientes de un blanco consiste en utilizar el hecho de que, si el blanco está en movimiento respecto al radar, la velocidad radial de cada punto es diferente y la señal que refleja lleva un desplazamiento Doppler distinto. Un sofisticado y

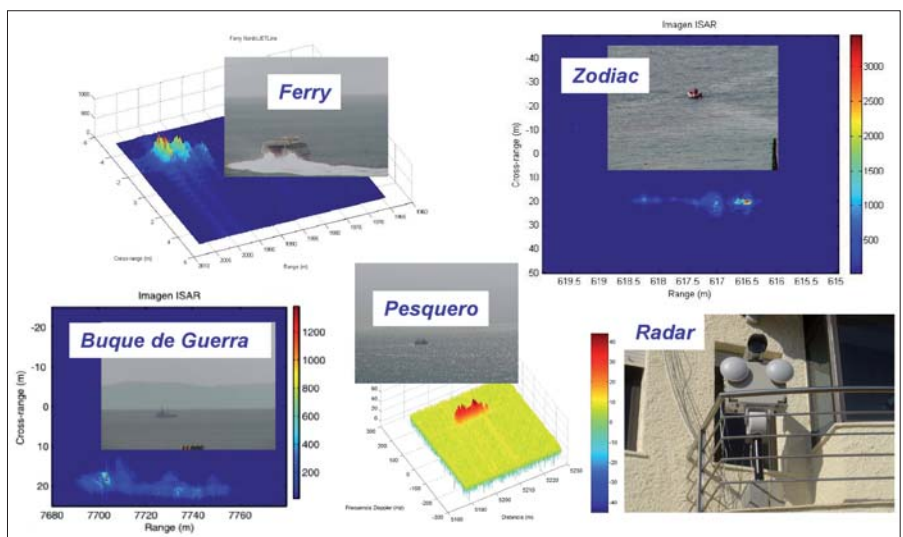


Figura 4. Imágenes obtenidas por un sensor radar en bandas milimétricas