

# IMPLEMENTACION DE UN RADAR UTILIZANDO UN DISCRIMINADOR DE FRECUENCIA DE TIPO "SIX-PORT"

*Beatriz Amante García*

*Bernard Huyart*

*Xavier Begaud*

[Amante@com.enst.fr](mailto:Amante@com.enst.fr)

[Huyart@com.enst.fr](mailto:Huyart@com.enst.fr)

[begaud@com.enst.fr](mailto:begaud@com.enst.fr)

Departamento "COMELEC"

Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications

46 rue Barrault, 75634 Paris Cedex 13 France

## RESUMEN

En nuestros días, asistimos al boom de las aplicaciones electrónicas para el automóvil y notablemente de los sistemas radar anticollision y ayuda a la conducción. Existen diferentes técnicas como los radar de impulso o radar monopulso, los radares FM-CW o los radares Duplex.

En este documento, presentaremos un radar Dúplex con un discriminador de frecuencia de tipo "six-port". Con esta configuración, seremos capaces de evitar el problema de la frecuencia Doppler cero, presente en los radares Dúplex (sin discriminador "six-port"), haciendo una comparación de las señales microondas, en lugar de hacerla a baja frecuencia.

## 1. INTRODUCCIÓN DE LOS DIFERENTES SISTEMAS

Los radares de impulso no son los más aptos para nuestra aplicación, ya que la menor distancia que podemos medir con este sistema dependerá de la duración del pulso y normalmente estas distancias tienden a ser mínimas en un entorno de carretera. FM-CW es el sistema más desarrollado para esta aplicación, gracias a su simplicidad y a la posibilidad de medir simultáneamente la velocidad y la distancia, pero existen ciertos inconvenientes: 1) Para poder obtener una medida correcta de distancia, la variación de la frecuencia deberá ser lineal. 2) La distancia y la velocidad están deducidas a partir de la misma medida de frecuencia, con lo cual si el objeto está demasiado cerca y la velocidad es elevada, la frecuencia de barrido será proporcional a la frecuencia Doppler y por tanto elevada y la diferencia de frecuencias será proporcional a la distancia, por lo tanto muy débil. 3) Por fin, el barrido en frecuencia debe ser elevado, para poder obtener una buena precisión de distancia. El sistema Dúplex, consiste en la emisión de dos señales continuas, cuya diferencia de frecuencia entre las dos es mínima. Cuando mezclamos la señal emitida y la recibida, obtenemos dos señales Doppler a la misma frecuencia, pero con una diferencia de fase. Esta diferencia nos permitirá calcular la distancia al objeto. El problema de este método, se presenta cuando las frecuencias Doppler son muy pequeñas, o bien nulas, porque no será posible realizar ninguna medida de fase.

## 2. DESCRIPCION DEL DISPOSITIVO

Presentamos un radar Dúplex con un discriminador de frecuencia de tipo "six-port", donde el problema de la frecuencia Doppler

nula, expuesto anteriormente es solucionado, haciendo una comparación de fases de las señales microondas, en lugar de hacerlas a baja frecuencia, como en el sistema tradicional.

Esta medida de fase puede realizarse, con un detector coherente, como por ejemplo un demodulador IQ (en fase en cuadratura). La parte real e imaginaria de la relación compleja  $\Gamma$  de las dos señales microondas son obtenidas a partir de la división de la señal recibida y la multiplicación de la mezcla con la señal emitida en cuadratura. El inconveniente de este dispositivo es que los circuitos de microondas propios (divisores, desfasadores, mezcladores), deben ser muy precisos, para obtener una buena estimación de fase. El discriminador "six-port" es una alternativa para medir la relación compleja  $\Gamma$  de dos ondas.

El "six-port" está constituido de acopladores y desfasadores para hacer cuatro adiciones vectoriales de las señales emitidas y recibidas. La señal resultante será medida por cuatro detectores de potencia. Un tratamiento matemático adecuado nos permite determinar la relación  $\Gamma$ . La diferencia comparando con el sistema clásico, es que los circuitos microondas del "six-port" pueden ser de calidad mediocre, ya que las características están tomadas en cuenta a la hora de calibrar el dispositivo. Este circuito, además, puede ser realizado en tecnología MMIC [4] y permite obtener las medidas precisas, en el dominio de longitud de ondas milimétrico [3].

J. Li [2] verificó esta técnica para la medida de velocidad, utilizando dos fuentes de microondas, cuya diferencia entre las frecuencias era igual a la frecuencia Doppler. Utilizando esta misma técnica, hemos sido capaces de verificar las medidas de distancia y velocidad de un objeto móvil. Además, proponemos un sistema de calibración automático para esta aplicación radar.

## 3. CALIBRACION Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

El método utilizado habitualmente [4] consiste en medir tres cargas conocidas (circuito abierto, cortocircuito y carga adaptada) y un cortocircuito móvil. Para nuestra aplicación, hemos demostrado que es suficiente determinar el vector intermedio "W", para acceder a la variación de fase del vector  $\Gamma$ . En consecuencia, sólo el cortocircuito móvil es necesario para determinar las constantes de calibración, relacionando las potencias adquiridas a "W" desconocida.

Para automatizar el proceso de calibración, utilizaremos dos generadores en lugar de cargas, como podemos ver sobre la Figura 1, que nos permite sintetizar electrónicamente un cortocircuito móvil.

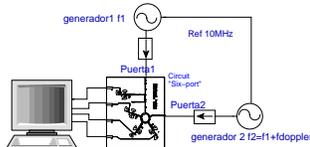


Figura 1 : Sistema de calibración

Si suponemos que el nivel de la señal proporcionada por los generadores son idénticos y la diferencia entre las frecuencias es igual a  $\Delta f$ , entonces el valor de la carga medida será :

$$\Gamma_n = e^{-\frac{j2\pi n}{n}} \quad (1)$$

con  $n=f_c/\Delta f$  donde  $f_c$  es la frecuencia de escalón de la tarjeta de adquisición.

Las medidas de velocidad y distancia relativas, las hemos realizado utilizando un prototipo de laboratorio, descrito en el diagrama de bloques de la Figura 2.

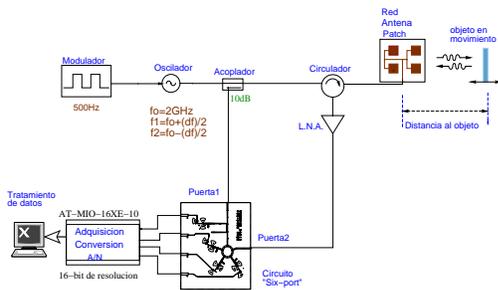


Figura 2 : Diagrama bloc del sistema

Como podemos ver una parte de la señal de entrada es inyectada en la puerta uno del "six-port", gracias al acoplador, y la señal reflejada por el objeto es recibida por medio de una antena "patch", amplificada e insertada en la puerta 2 del "six-port".

Las dos parejas de señales ( $e1, r3$ ), ( $e2, r4$ ) cuya expresión analítica podemos encontrar sobre la Figura 3, correspondientes a las dos frecuencias  $f1$  y  $f2$ , serán mezcladas por el "six-port". Este mismo, nos permitirá por medio de un tratamiento numérico adecuado, obtener la diferencia de fase " $dq$ "= $q1-q2$  entre las relaciones  $r3/e1$  y  $r4/e2$ , de donde podemos obtener la distancia por medio de la expresión E(2). Esta expresión nos permitirá calcular la velocidad  $v=d/t$ , siendo " $t$ " el tiempo de adquisición. Además, la velocidad puede ser obtenida directamente de la variación de la fase de  $r3/e1$  y  $r4/e2$ , en el tiempo.

$$d = \frac{dq * c}{4 * \pi * df} \quad (2)$$

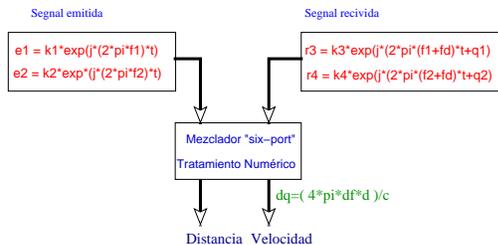


Figura 3 : Obtención de la diferencia de fase

Las medidas de distancia realizadas alcanzan los 2.5m y el objeto utilizado se mueve a una velocidad del orden de 0.3-0.4m/s. La Figura 4 muestra la medida de la distancia en función del tiempo, que corresponde a 500 muestras. La Tabla 1, nos permite comparar la velocidad media  $V_{moy}$  de cada 100 muestras, con la velocidad obtenida apartir de la distancia recorrida.

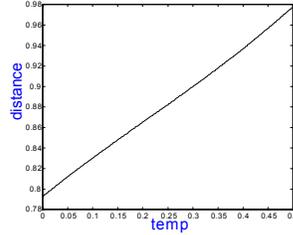


Figura 4: Distancia en función del tiempo

Muestra	T (s)	$v_{moy} = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} v(i)$ (m/s)	$v = \frac{d(j+100) - d(j)}{0,1s}$ (m/s)
0	0-0,1	0.52	0.50
100	0,1-0.2	0.44	0.43
200	0.2-0.3	0.40	0.40
300	0.3-0.4	0.39	0.39
400	0.4-0,5	0.39	0.39

Tabla 1: Comparación de velocidades

#### 4. CONCLUSIONES

Hemos presentado en este artículo un radar Dúplex con un discriminador de frecuencia de tipo "six-port". Hemos visto que con este sistema, mejoramos notablemente el comportamiento de un radar Dúplex típico, sobre todo a la hora de medir la distancia a un objeto que se mueve a velocidad muy débil.

En estos momentos, estamos trabajando en la adaptación de este sistema al seguimiento de múltiples objetos y la medida simultanea de sus velocidades y distancias, con la ayuda de una red de antenas "patch" y el sistema "six-port". Así como la traslación del sistema a una frecuencia intermedia de 26GHz.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] B. Amante García, C. Gutiérrez Miguelez, B.Huyart, L.Jallet "Application of six-port technique in a radar system", PIERS 2000, pp. 881, 2000.
- [2] Li-J, Bosisio-RG, Wu-K, "A Collision avoidance radar using six-port phase/frequence discriminateur", IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest,1994; pp. 1553-1556.
- [3] S. Abouchahine, B. Huyart, E. Bergeault and L. Jallet - "Design realization and evaluation of a millimeter network analyser using a single six-port reflectometer", Microwave and Optical Technology Letters, pp. 84-87, February 1995.
- [4] F. Wiedmann et al, "Développements pour des applications grand public du réflectomètre six portes: Algorithme de calibrage robuste, réflectomètre très large bande et réflectomètre intégré MMIC", thèse ENST,1997.