

# RECEPTOR BIESTATICO SIN ENLACE DEDICADO CON EL TRANSMISOR

A. AGUASCA, A. BROQUETAS, A. ELIAS  
GRUPO A.M.R., DEPARTAMENTO DE TEORIA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES  
E.T.S. ENGINYERS DE TELECOMUNICACIO DE BARCELONA - U.P.C.  
apdo. 30002, 08080 - BARCELONA

## ABSTRACT

*This paper presents an introduction to the study and development of a new concept of Bistatic Radar Receiver, which eliminates any kind of direct microwave or optical fiber link between them. It is based on discret phase-lock techniques to acquire and maintain all the signal parameters when the transmitter illuminates directly the receiver system.*

## INTRODUCCION

Un sistema RADAR biestático se diferencia del caso monostático en que el receptor se encuentra alejado físicamente del transmisor una distancia del orden del alcance RADAR. En los inicios, el RADAR se basaba en sistemas biestáticos pero la aparición del diplexor motivó un desarrollo más profundo de los sistema monostáticos, dada la ventaja que suponía integrar en un mismo bloque tanto transmisor como receptor. Posteriormente, y debido al auge de la guerra electrónica se ha recuperado la configuración multiestática, al poder alejar el receptor de la zona de conflicto, así como detectar blancos stealth de baja sección recta monostática.

Si bien la principal ventaja de los sistemas biestáticos es la anteriormente señalada, dicha configuración supone una serie de desventajas frente al caso monostático, de la que cabe destacar la metodología de sincronización entre ambos subsistemas. Para una correcta interpretación de las señales detectadas se hace imprescindible conocer en todo instante las señales de sincronismo, esto es, A.R.P. (Azimuth Reference Pulse), A.C.P. (Azimuth Change Pulse) y P.R.F (Pulse Repetition Frequency), y frecuencia y fase de portadora cuando se desea que el sistema sea con tratamiento coherente de blancos (M.T.I, M.T.D.) [1]. Usualmente, el método utilizado en sistemas biestáticos coherentes se basa en un enlace directo dedicado entre los dos subsistemas, ya sea mediante radiofrecuencia como por fibra óptica. Un método alternativo consiste en utilizar una referencia temporal de alta precisión y estabilidad, compartida por ambos subsistemas.

En este artículo se presenta el estudio de un nuevo sistema biestático de mayor flexibilidad al eliminar cualquier tipo de enlace físico entre emisor y receptor, al mismo tiempo que permite aprovechar sistemas monostáticos actuales para crear configuraciones biestáticas, consiguiendo mejorar las características del mismo si se aprovechan las informaciones del entorno recogidas por el receptor para fusionarlas con las detectadas por el primero. El método utilizado supone sistema de exploración en el emisor directivo 2-D y receptor omnidireccional, aprovechando la señal que se recibe en el breve lapso de tiempo en que el haz de la antena emisora ilumina directamente el receptor, durante el cual se puede extraer la información de fase y frecuencia de la PRF y portadora, al mismo tiempo que se obtiene una referencia para la ARP. Dichas informaciones se recuperan y mantienen entre dos iluminaciones consecutivas.

## EL SISTEMA RECEPTOR BIESTATICO

En la figura. 1 se presenta el esquema global del sistema receptor propuesto, donde aparecen el conjunto de subsistemas enlazados. Consta de una cabecera de RF para la escucha de los retornos y la recepción de la señal recibida directa del transmisor. Una vez demodulado **coherentemente**, la información I-Q pasa al procesador de la información. Para ello se requiere del bloque de sincronismo.

### - cabecera RF

Así mismo desglosado en dos. La primera está constituida por una antena omnidireccional, encargada de recibir los ecos de los blancos circundantes, seguido de un amplificador de bajo ruido (L.N.A.) y de un filtro paso-banda centrado a la frecuencia de RF. El segundo está diseñado específicamente para la sincronización del subsistema con el transmisor, por ello la antena es direccional, por lo que las especificaciones GANANCIA-FACTOR DE RUIDO no son tan estrictas, además de posibilitar la sincronización también a partir de los lóbulos secundarios.

### - demodulador

Constituido por un oscilador local (STALO), que suministra una frecuencia superior en 30MHz a la RF recibida, y un demodulador donde se realiza el producto de la señal recibida con el oscilador local, desplazando el espectro de la señal a la frecuencia intermedia de 30MHz, para luego extraer la información en fase y cuadratura recibida a partir de la referencia a 30MHz (COHO).

### - etapa procesadora

A partir de la información I-Q suministrada por la etapa previa, el procesador generará el mapa de video sintético para su presentación.

Está constituido por una primera etapa de digitalización de la información de ambos canales. Seguido de la etapa procesadora en sí, que realiza las funciones de procesador MTI y formateador de la información. El procesador se basa en la aplicación de técnicas DMTI [2] a partir del estudio espectral de la información asociada a una celda espacial en una serie de barridos consecutivos, llevado a cabo con técnicas de FFT.

Las señales que debe manejar el procesador son tanto la señales I-Q como los sincronismos de ARP, ACP y PRF. El resultado es la información sintética dividida en radiales espaciales encadenados, lo que permite una fácil representación sobre un soporte de visualización como un P.P.I.. Para ello existe un sistema simulador de P.P.I. basado en un ordenador personal al que se le suministra sincronizadamente la cadena de muestras digitalizadas, asociadas a cada celda de resolución espacial.

### - etapa de sincronización

Es la encargada de suministrar toda la serie de señales de sincronismo necesarias para la demodulación coherente de la información, así como para la asignación correcta de los blancos al entorno circundante, y éstos eran: ARP, ACP, PRF ó *staggering* de PRF y la frecuencia intermedia (FI).

En este punto radica la mayor innovación del sistema frente a otros métodos de sincronización, como se ha indicado en la introducción. La idea parte de eliminar cualquier enlace directo entre subsistemas o la utilización de una misma referencia temporal, para ello se aprovecha el breve intervalo temporal en que la antena receptora es iluminada por el haz principal de la transmisora, durante el cual es posible observar con la suficiente fidelidad las características de la señal emitida, ya sea la portadora a RF utilizada como el periodo o periodos de repetición de la PRF. Para recuperar las señales se aplican técnicas de bucles de enganche de fase (P.L.L.), capaces de recuperar tanto frecuencia como fase, cuestión que es primordial para alcanzar un sistema de detección coherente. La figura.2 presenta el esquema global de la etapa de sincronismos.

Basandose en la figura.3, donde se aprecia el tipo de señal que se obtiene a la entrada del divisor de potencia, se puede observar las funciones de cada subbloque.

El detector de envolvente suministra una señal a la que se le elimina el efecto de la FI. Por un lado, el resultado pasa a un nuevo detector de envolvente que generará el sincronismo de ARP. A partir de dicha señal se activa el recuperador de PRF, constituido por un bucle PLL que se cierra cuando se activa ARP y que mantiene la tensión de control del VCO entre dos activaciones consecutivas de ARP.

La otra salida del divisor de potencia entra al recuperador de FI, cuyas otras entradas son el sincronismo de ARP y PRF. El método de trabajo es similar al recuperador de PRF, cerrándose el bucle mientras están activadas ARP y PRF, y manteniendo la tensión de control del VCO cuando alguna de las dos está desactivada. Así se obtiene la señal con frecuencia y fase requeridas para la demodulación de I-Q.

## CARACTERISTICAS DEL SISTEMA

Dado que se desea un procesado coherente de la información, el primer requerimiento es que el sistema transmisor sea capaz de emitir trenes de pulsos a RF de misma frecuencia, sin saltos bruscos de fase (sistema transmisor basado en Klystrons, p.e). Si ocurren variaciones de fase el sistema de adquisición de la frecuencia es totalmente inoperante pues es incapaz de seguirlos si éstas se dan entre dos pulsos consecutivos del receptor (el efecto en la demodulación sería la aparición de frecuencias doppler asociadas a los blancos falsas).

Así mismo, entra en juego el conjunto de inestabilidades propias del sistema, ya sean debidas al transmisor como al sistema de sincronismos del receptor. Por ello hay que establecer una serie de cotas de máxima variación de las señales a reconstruir. La primera de ellas es la máxima desviación permitida en el mantenimiento de la PRF (un valor razonable es permitir una desviación de 1 celda de resolución en el último radial escrutado). Respecto a la frecuencia de demodulación, y considerando que el STALO es de muy alta estabilidad, cualquier variación de dicha señal repercute en una variación del espectro en banda base, por lo que se empeora la característica de factor de mejora del MTI, así como una pérdida de blancos móviles, conviene dar una cota de máxima desviación en % respecto a la máxima velocidad doppler detectable sin ambigüedad.

Debido al carácter pulsado de la información sobre la que actúa la etapa de sincronismos, y al utilizar técnicas P.L.L. para su adquisición y mantenimiento, entra en juego la duración del intervalo en que se debe realizar, del orden de 40ms para la PRF y para la FI, por tanto será crítico el diseño de los bucles para tales tareas, principalmente sus márgenes de frecuencia y tiempo de PULL-IN [3], pues si se superan será imposible la sincronización.

El sistema debe sufrir una modificación cuando se está trabajando con *staggering* de la PRF, puesto que las técnicas convencionales de PLL no son aplicables, debiendo recurrir a técnicas D.L.L (Delay Lock Loop)[4], similar a la utilizada en la sincronización de códigos pseudo-aleatorios.

## REALIZACIONES

Actualmente están en desarrollo las dos facetas, tanto teórica como práctica. Por una parte, y tal y como se ha indicado anteriormente se está estudiando el comportamiento de los sistemas sincronizadores, por ello se ha revisado conceptos de P.L.L. como son tiempo y frecuencia de PULL-IN y efecto de ruido a la entrada, puesto que ambos afectan en gran medida la posibilidad de utilizarlos como recuperadores de sincronismo. Los primeros indicados afectan sobre la velocidad de adquisición, mientras que el segundo dará una noción sobre la calidad de los sincronismos desde

el punto de vista de falseamiento de la posición de los blancos (P.L.L. recuperador de la PRF) así como de la ventana frecuencial de decisión de blancos móviles (figura.4).

Respecto al ámbito práctico se está trabajando sobre un simulador de señales a la entrada de la etapa de sincronismos, lo que permite desarrollar los circuitos de adquisición y su perfeccionamiento. Así mismo se tiene previsto montar mediante instrumentación de laboratorio un simulador total del sistema EMISOR-RECEPTOR, basado en un generador vectorial de señal (HP-8780-A), un analizador de modulación vectorial (HP-8981-A), dos simuladores de señal(HP-8780-A), dos digitalizadores (HP-70700-A), y una estación de trabajo para el gobierno del sistema (serie HP-9000) (figura.5).

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la CICYT, TIC-0481/89.

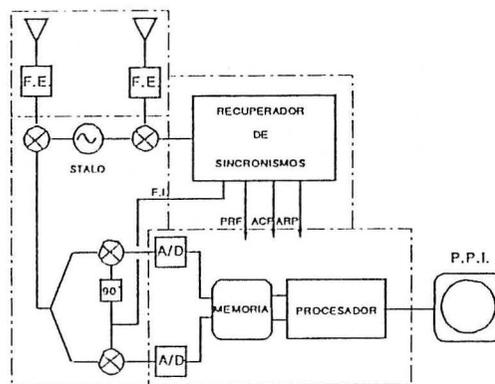


figura.1. Esquema global del sistema receptor.

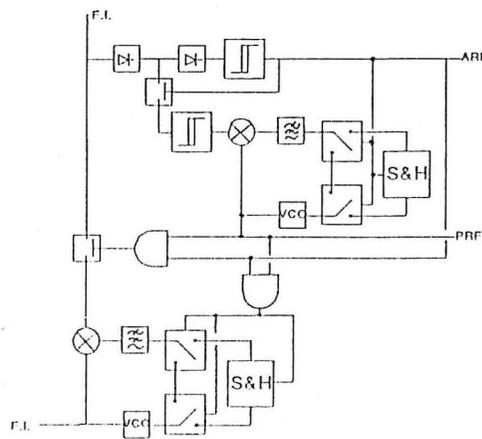


figura.2. Esquema de la etapa de sincronismos.

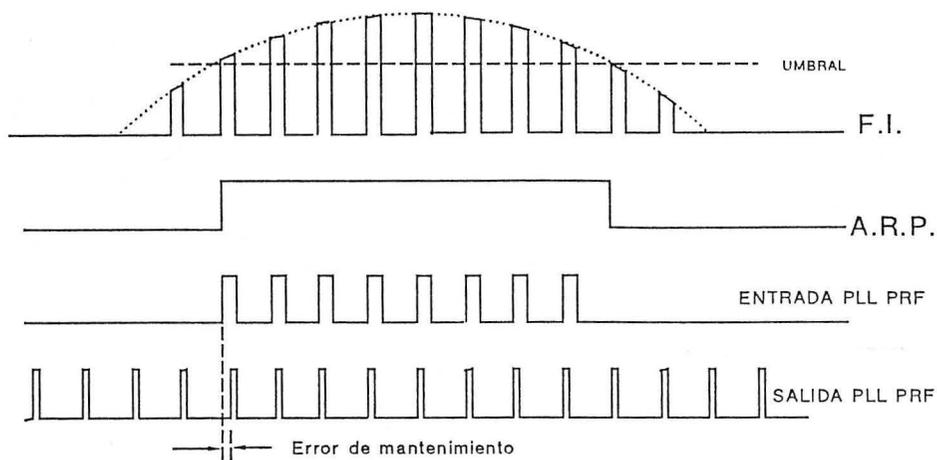


figura.3. Señales características en la etapa de sincronismos.

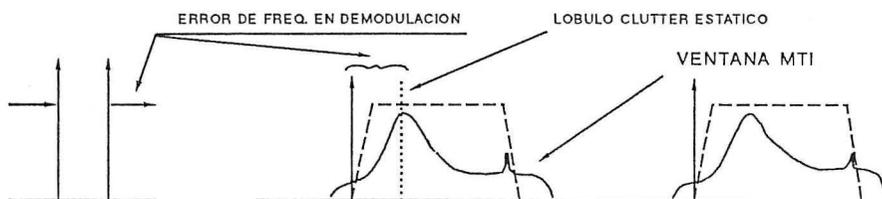


figura.4. Desplazamiento en frecuencia del espectro debido a inestabilidad en la sincronización.

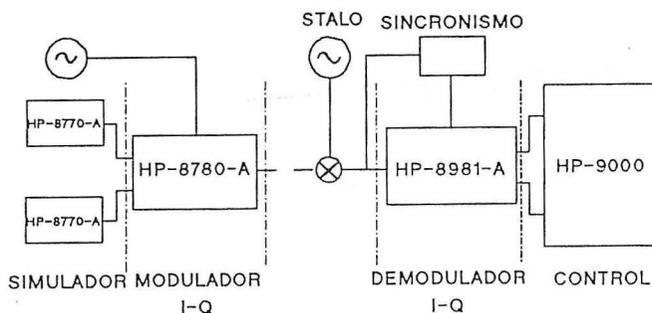


figura.5. Esquema global del simulador de laboratorio.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] D. K. Barton, *RADAR SYSTEM ANALYSIS*, Artech House Inc. (1976).
- [2] R. O. O'Donnell, C. Muehe, *ADVANCED SIGNAL PROCESSING FOR AIRPORT SURVEILLANCE RADARS*, EASCON-74 Record, 1974, pp. 71-77F.
- [3] F. M. Gardner, *PHASE LOCK TECHNIQUES*, John Wiley & sons (1979).
- [4] J. J. Silker Jr., *DIGITAL COMMUNICATION BY SATELLITE*, Artech House.