

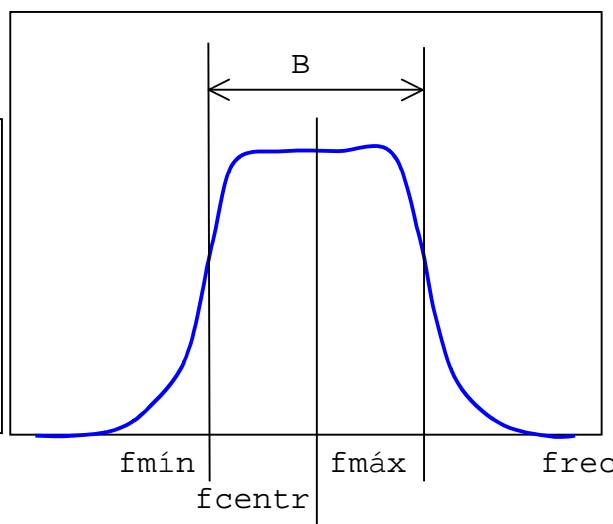
## COHERENCIA EN INTERFEROMETRÍA

En el capítulo anterior hemos visto una serie de tipos de interferómetro y también un avance sobre síntesis de apertura.

En la práctica se suman un sinnúmero de detalles que son muy importantes a tener en cuenta a la hora de intentar obtener un resultado real de un array también real.

En desarrollos anteriores hemos sumado vectorialmente las ondas provenientes de dos antenas diferentes, ubicadas en lugares distintos probando que, en caso de observar una fuente puntual, obtendríamos franjas de interferencia. Lo hicimos pensando que en el interferómetro se manejaban ondas de una sola frecuencia muy específica, que llamamos "frecuencia de trabajo". Sin embargo, los radiotelescopios empleados en estos sistemas manejan verdaderas Bandas de frecuencias, es decir, una extensión de frecuencias, desde una mínima a una máxima.

*Fig. 6-1 Un receptor de radio solo maneja ondas dentro de un rango de frecuencias. A ese rango se lo llama Ancho de Banda o, simplemente Banda (B).*



Esto significa que en un momento dado, la frecuencia instantánea de la onda podrá ser cualquier valor entre los límites de esta Banda. Esto puede significar que las ondas que entran las diferentes antenas tengan una frecuencia distinta por el hecho de pertenecer a diversos Frentes de Onda. Este hecho arruinará la pretendida interferencia de forma tal que podría desdibujar las franjas por completo. Sin embargo, existe una condición con la velocidad de cambio de frecuencia. Esta velocidad está limitada justamente por el ancho de la Banda. Cuanto más ancha la Banda, tanto más rápido podrá variar la frecuencia instantánea.

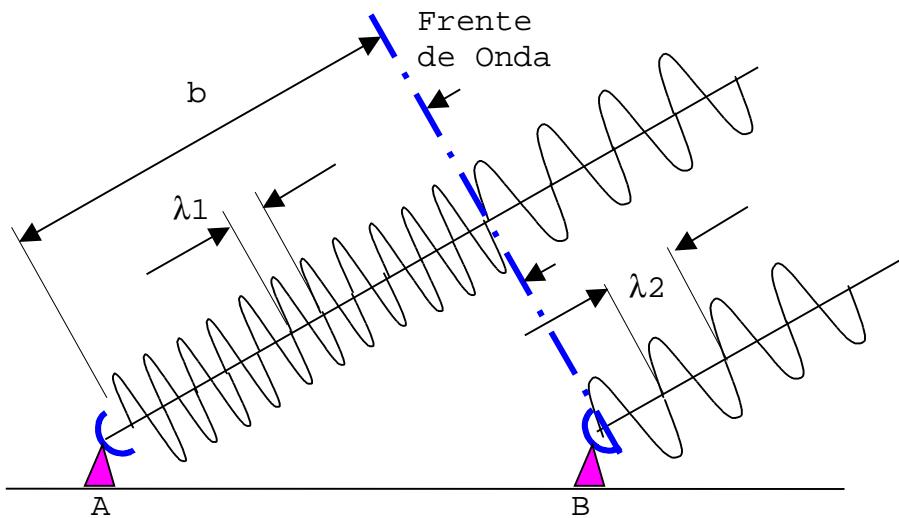


Fig. 6-2 Entre las ondas que llegan a cada antena desde la misma fuente aparece una demora  $\tau$ , que está dada por la diferencia de caminos recorridos. En ese intervalo de tiempo, la frecuencia de la misma puede variar haciendo que su  $\lambda$  pase desde  $\lambda_1$  a  $\lambda_2$ .

En la Fig. 6-2 vemos como se desvirtúa la posibilidad de producir franjas de interferencia entre dos ondas de distinta frecuencia que llegan a las antenas A y B simultáneamente.

A lo largo de la diferencia de caminos de las ondas b, resulta un retardo

$$\tau = b/c$$

con  $c$  = velocidad de la onda (de la luz).

La condición para que exista un mínimo de coherencia entre las ondas de las dos antenas, a fin de que la interferencia se produzca, es que el ancho de Banda sea menor o igual a la inversa del retardo  $\tau$ , es decir

$$B \text{ (Hz)} \leq \frac{1}{\tau \text{ (seg)}}$$

Para dar idea práctica de magnitudes, veremos dos casos:

- 1) Línea de Base  $a=100$  metros,  $f=1400$  MHz,  $B=1$  MHz.
- 2) Línea de Base  $a=20$  Kilómetros,  $f=1400$  MHz,  $B=1$  MHz.

En el primer caso tenemos

$$\lambda=0.21 \text{ m}$$

$$b_{\max}=a$$

$$\tau = \frac{b_{\max}}{c} = \frac{100 \text{ m}}{3 * 10^8 \text{ m/s}} = \frac{1}{3 * 10^6} \text{ seg} = 300 \text{ nanoseg}$$

$$B_{\max} = \frac{1}{\tau} = 3 * 10^6 \text{ Hz} = 3 \text{ MHz} > 1 \text{ MHz}$$

Vemos que el  $B$  de 1 MHz empleado está cubierto por el  $B_{\max}$  de la condición de coherencia así que se garantiza la formación de franjas de interferencia y nuestro interferómetro operará correctamente.

En el segundo caso será

$$\tau = \frac{b_{\max}}{c} = \frac{20 \text{ Km}}{3 * 10^5 \text{ Km/s}} = \frac{1}{1.5 * 10^4} \text{ seg} = 66.6 \text{ microseg}$$

$$B_{\max} = \frac{1}{\tau} = 15 \text{ KHz} << 1 \text{ MHz} !!$$

Aquí aparece un verdadero problema: No podremos obtener coherencia en las ondas que llegan a las dos antenas, con lo que las franjas no se formarán y el interferómetro no funcionará.

### LÍNEA DE RETARDO

La solución a este problema es retardar la onda de la antena que la recibe primero, a fin de compensar la diferencia entre

ellas. Este retardo se efectúa en el camino de la onda hacia el Correlador (Multiplicador).

En general, en los interferómetros reales, todos los procesos de señal, a nivel radiofrecuencia (RF), se realizan en la sección de los amplificadores de Frecuencia Intermedia, donde la señal tiene una potencia relativamente elevada. Así, el inevitable ruido introducido por los dispositivos de procesamiento terminan siendo despreciables frente a la señal.

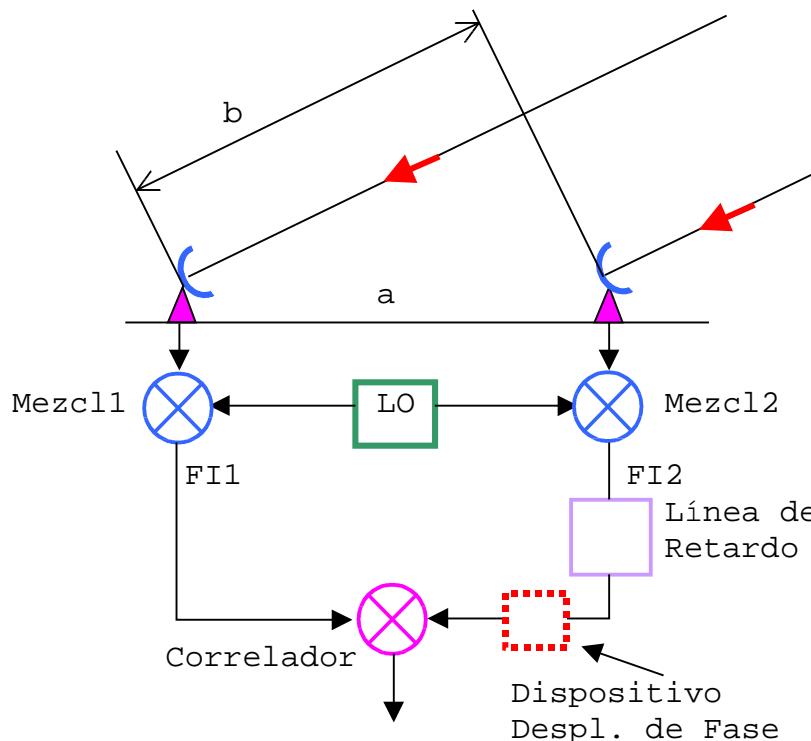
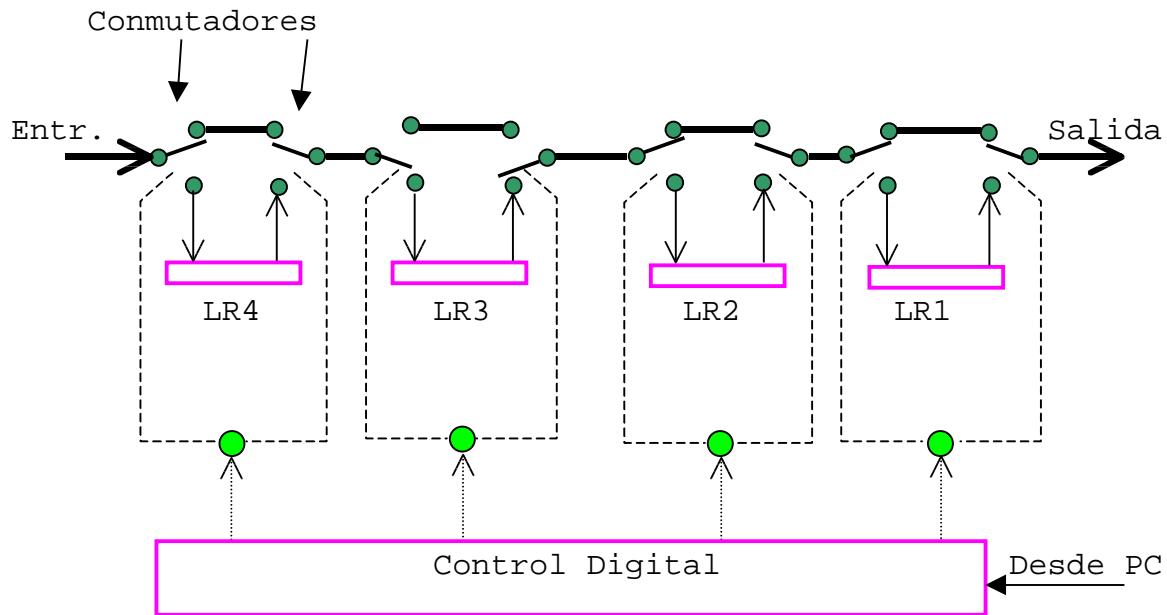


Fig. 6-3 La Línea de retardo ajustable, compensa el retardo debido a la diferencia de caminos  $b$  en forma continua, de modo que las ondas lleguen al mismo tiempo al correlador

Si la Línea de Retardo compensa exactamente el retardo causado por la diferencia de caminos  $\tau = b/c$ , las franjas de referencia no se moverán respecto al Centro de Apuntado (CA), por lo que para hacerlas barrer el campo de la antena, habrá que operar el dispositivo Desplazador de Fase. Este puede ser un dispositivo tal como el visto en Interferómetro de Lóbulos Rotantes.

El Oscilador Local (LO) debe ser común a ambos mezcladores para mantener una estricta estabilidad en la fase de la onda de salida en las etapas de FI.

Las Líneas de Retardo ajustables pueden tener control digital por medio de comutación binaria:



*Fig. 6-4 Ejemplo de Línea de Retardo ajustable digitalmente. Los conmutadores dobles agregan o quitan líneas parciales LR1, LR2, etc. según un dispositivo digital controlado desde una PC.*

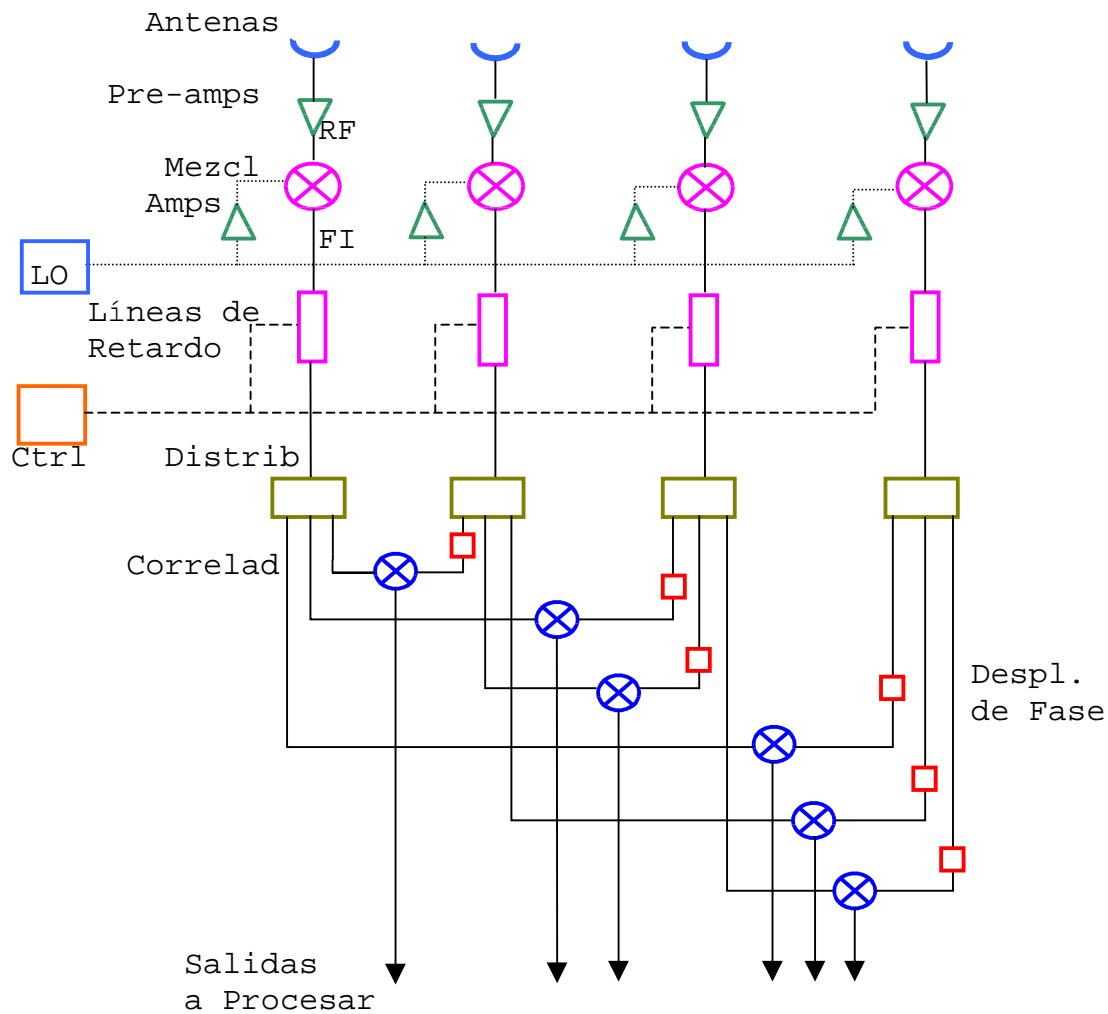
Se insertan líneas de retardo parciales, que suman incrementos binarios eel siguiente modo:

$$\begin{aligned} LR1 &= \tau \\ LR2 &= 2 * \tau \\ LR3 &= 4 * \tau \\ LR4 &= 8 * \tau \end{aligned}$$

con lo que se logran retardos totales desde  $0\tau$  hasta  $15\tau$ , en incrementos de  $1\tau$ . El presentado es solo un ejemplo. En la práctica se logra mayor suavidad en la conmutación, realizando un control a una mayor cantidad de bits.

Veremos una configuración posible de un array para síntesis de apertura que utiliza, para simplificar, solo 4 antenas. El Oscilador Local común a todas se transmite vía cable o fibra óptica a cada antena donde se mezcla con la RF de entrada. Las señales de FI resultantes pasan por sendas Líneas de Retardo controladas desde una PC. A continuación las señales se dividen en distribuidores (power splitters) para entrar en los

correladores, habiendo pasado antes por los Desplazadores de Fase, según el tipo de interferómetro en uso.



*Fig. 6-5 Cuatro antenas dan lugar a seis interferómetros simultáneos. Las salidas de interés son señales de baja frecuencia. Se amplifican con acoplamiento de continua (amplificadores operacionales) y se detectan para medir las características de las franjas.*