

# Simulación de la Adquisición de Sincronismo en Sistemas SS-DS

José Manuel Pardo Martín (\*)

(\*) Dpto. Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones E.U.I.T. Telecomunicación, U.P.M.  
jmpardo@diac.upm.es

**Resumen**— En el presente artículo se presenta un breve estudio junto con la simulación correspondiente sobre los algoritmos de decisión más utilizados en los sistemas de adquisición de sincronismo en Espectro Ensanchado de Secuencia Directa.

## I. INTRODUCCIÓN

En los sistemas de comunicaciones de espectro ensanchado, la primera operación que debería realizar el receptor sería la de sincronizar su generador local con el utilizado por el transmisor. Dicha sincronización se realiza en dos pasos, *adquisición* y *seguimiento*.

El objetivo del presente trabajo es el de presentar el estudio y simulación de los sistemas de adquisición más utilizados en espectro ensanchado de secuencia directa.

## II. ADQUISICIÓN NO COHERENTE

El sistema de adquisición ha de averiguar el retardo  $\tau$  de la secuencia recibida del usuario concreto, para lo cual se ha de buscar un estimador de dicho parámetro que maximice la probabilidad *a posteriori*  $p(\tau | r)$ , (criterio M.A.P.).

$$MAP \Rightarrow \tau = \arg \max p(\tau | r) \quad (1)$$

siendo  $r$  la señal recibida y  $\tau$  el retardo estimado con el que se genera la señal local.

Esto es equivalente a maximizar la función de semejanza, [1].

$$\Lambda(\tau) = \exp \left\{ -\frac{1}{N_0} \int_{T_0} (r(t) - s(t, \tau))^2 \cdot dt \right\} \quad (2)$$

donde  $s(t, \tau)$  es la secuencia local con el retardo estimado y  $r(t) = s(t, \zeta) + n(t)$  es la señal recibida.

Como la función exponencial es monótona, maximizar la ecuación 2 es lo mismo que maximizar la integral que tras una serie de simplificaciones se traduce en la siguiente expresión

$$\lambda(\tau) = \cos(\theta) \cdot \int_0^{T_0} c(t - \zeta) \cdot c(t - \tau) \cdot dt \quad (3)$$

en la que no se han tenido en cuentas las constantes necesarias, que para la presente discusión no afectan en nada.

La integral es la autocorrelación parcial de la secuencia pseudoaleatoria, mientras que el término  $\cos(\theta)$ , independiente del retardo, aparece a consecuencia del desconocimiento de la fase de la señal recibida, lo que deriva en la necesidad de utilizar una arquitectura no coherente como la mostrada en la figura 1, en la que se obtiene el cuadrado de la autocorrelación parcial

A la hora de estimar el valor de  $\tau$  dentro de la zona de incertidumbre, esta se discretiza en unidades básicas, celdas, con lo que el problema se convierte en determinar si la celda baja estudio corresponde con la adquisición, hipótesis  $H_1$ , o no, hipótesis  $H_0$ .

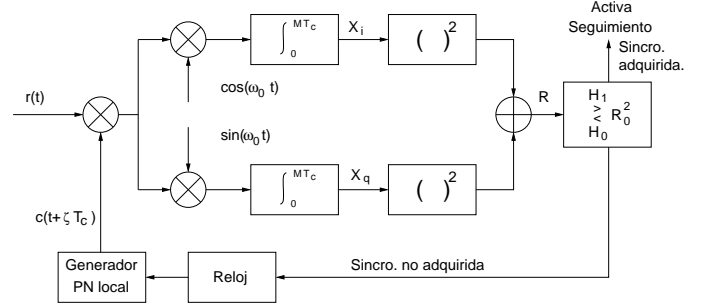


Fig. 1  
SISTEMA DE ADQUISICIÓN SERIE

## III. ALGORITMOS DE DECISIÓN

Para tomar la decisión de aceptar o rechazar una celda determinada, se puede seguir alguno de los siguientes algoritmos, utilizando la relación de semejanza 4

$$\Lambda_m(r) = \frac{f_{R^2}(r | H_1)}{f_{R^2}(r | H_0)} = \exp \left\{ \frac{y_0^2 - y_1^2}{2\sigma_n^2} \right\} \frac{I_0 \left( \frac{\sqrt{(y_1^2/\sigma_n^2)(r/\sigma_n^2)}}{I_0 \left( \frac{\sqrt{(y_0^2/\sigma_n^2)(r/\sigma_n^2)}} \right)} \right)}{\quad} \quad (4)$$

donde  $y_0^2$  y  $y_1^2$  son los valores de la envolvente al cuadrado bajo las hipótesis  $H_0$  y  $H_1$  respectivamente.

**FSS (Fixed Sample Size):** El sistema de adquisición tiene un periodo de integración fijo,  $MT_c$  segundos, para decidir  $H_1$  o  $H_0$ .

$$y_m \begin{cases} \geq R'_0 \equiv \Lambda^{-1}(R_0) & H_1 \\ < R'_0 & H_0 \end{cases} \quad (5)$$

**SPRT (Sequential Probability Ratio Test):**[2] [3] La relación de semejanza se compara con dos umbrales,  $A$  y  $B$  (siendo  $A > B > 0$ ). Si el primer umbral que se alcanza es el  $A$ , se decide  $H_1$ , si es el  $B$  se decide  $H_0$ , en caso contrario el test continúa durante un chip más

$$y_m \begin{cases} \geq A'(n) \equiv \Lambda^{-1}(A) & H_1 \\ \leq B'(n) \equiv \Lambda^{-1}(B) & H_0 \\ \text{en caso contrario} & \text{continúa el test} \end{cases} \quad (6)$$

**TSPRT (Truncated SPRT):**[2] Como con el SPRT el sistema de adquisición puede quedar bloqueado entre los umbrales  $A$  y  $B$ , el TSPRT impone un tiempo máximo, para decidir  $H_0$  o  $H_1$ , presentando un cierto grado de mezcla entre el FSS y el SPRT, controlado por medio de dos parámetros:  $p_0$  y  $p_1$

$$\text{si } n < M, y_m \begin{cases} \geq \hat{A}'(n) \equiv \Lambda^{-1}(\hat{A}) & H_1 \\ \leq \hat{B}'(n) \equiv \Lambda^{-1}(\hat{B}) & H_0 \\ \text{en caso contrario} & \text{continúa el test} \end{cases}$$

$$\text{si } n = M, y_m \begin{cases} \geq \Lambda_M^{-1}(\hat{R}_0) \equiv \hat{R}'_0 & H_1 \\ < \Lambda_M^{-1}(\hat{R}_0) & H_0 \end{cases} \quad (7)$$

#### IV. SIMULACIÓN

Los datos de la simulación para los tres algoritmos son:

- Frecuencia de muestreo:  $f_s = 8R_c Hz$
- Régimen de chip:  $10^6$  chips/seg
- Relaciones  $S/N$ : -10 dB.
- $P_{fa}$ : 0.005
- $P_{miss}$ : 0.005

En la simulación realizada, el sistema de adquisición actualizaba el valor de la secuencia local siempre que se decidía no adquisición, mientras que cuando se decidía adquisición, no se actualizaba la secuencia local, con el fin de poder comparar mejor la duración de las decisiones.

##### A. FSS

El número de chips a integrar es  $M = 306$  y el umbral normalizado es  $R_0^2 = 11.579392$ . Con un retardo inicial de 3.4 chips, la entrada al comparador de umbral es la mostrada en la figura 2.

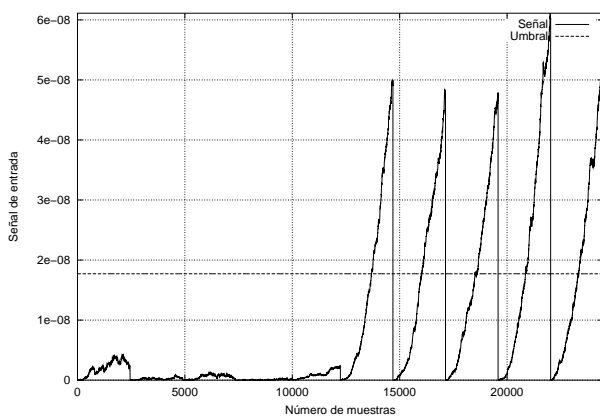


Fig. 2

ENTRADA AL COMPARADOR, CON ACTUALIZACIÓN  $\Delta/2$

##### B. SPRT y TSPRT

En la figura 3 se presentan los umbrales normalizados para SPRT y TSPRT. Para este último, se han escogido  $p_0 = p_1 = 0.5$  como valores para decidir la mezcla entre SPRT y FSS. Las entradas al comparador son las mostradas en las figuras 4 y 5.

#### V. CONCLUSIONES

De las gráficas mostradas, se deduce que los algoritmos SPRT y TSPRT aceptan o rechazan una celda antes que el FSS, por lo que darán lugar a una adquisición más rápida. El TSPRT tiene como ventaja fundamental frente al SPRT, que la duración de la prueba de la celda está acotada.

##### REFERENCIAS

- [1] Jianlin Li y Sawasd Tantarata, "Optimal and Suboptimal Coherent Acquisition Schemes for PN Sequences with Data Modulation," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 43, pp. 554-564, Febrero/Marzo/Abril 1995.
- [2] Sawasd Tantarata, Alex W. Lam y Patrick J. Vincent, "Noncoherent Sequential Acquisition of PN Sequences for DS/SS Communications with/without Channel Fading," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 43, pp. 1738-1745, Febrero/Marzo/Abril 1995.
- [3] Kapil K. Chawla y Dilip V. Sarwate, "Acquisition of PN Sequences in Chip Synchronous DS/SS Systems Using a Random Sequence Model and the SPRT," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 42, pp. 2325-2334, Junio 1994.

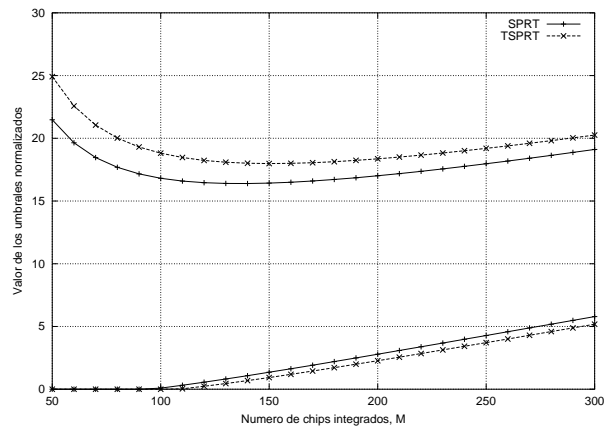


Fig. 3

UMBRALES PARA EL SPRT Y EL TSPRT.

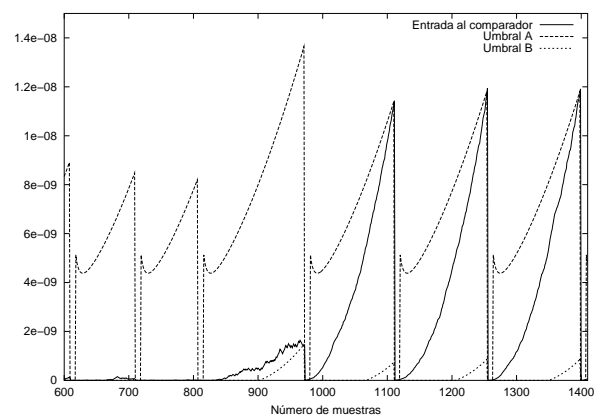


Fig. 4

ENTRADA AL COMPARADOR PARA SPRT.

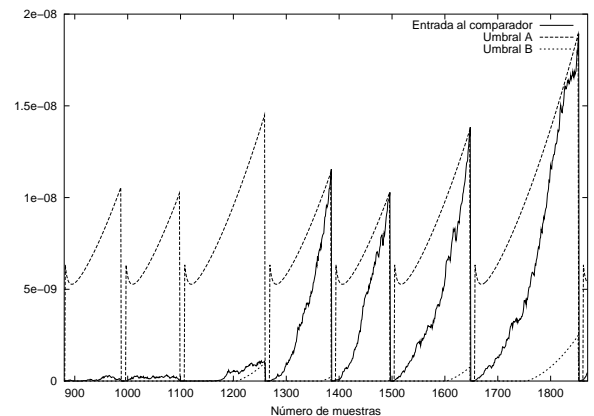


Fig. 5

ENTRADA AL COMPARADOR PARA TSPRT.