

Optimización de la Detección de Inicio de Trama sin Piloto mediante el Método de Sumatoria Simplificada sobre DVB-S2

Start of Frame Detection Pilotless Optimization by Single Summation Method on DVB-S2

Joel Linder Vilca Pizarro¹, Emmanuel Boutillon², Daniel Díaz Ataucuri³

¹Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

²Université de Bretagne – Sud, Francia

³INICTEL – Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú

Resumen— El presente trabajo de investigación tomó como base el artículo de Boutillon, E. Et All: “Efficient multiplierless architecture for frame synchronization in DVB-S2 standard”, que optimiza la sincronización de trama y combina la información de inicio de trama SOF (Start of Frame), sumado a la información del código PLS (Physical Layer Signaling) con dos umbrales de estimación sin piloto ($\text{SOF}_{T1} + \text{PLS}_{T2}$). Ambos funcionalidades nos permitió analizar y desarrollar un algoritmo mediante un nuevo método de detección de inicio de trama denominado “Sumatoria Simplificada”, método que también combina la información del SOF y PLS sin piloto, pero con un sólo umbral de estimación ($(\text{SOF} + \text{PLS})_T$). Finalmente se consiguió optimizar la detección de inicio de trama y se redujo la probabilidad de pérdida de detección (pmd) de alrededor del 10 % para una falsa alarma (fa) de 10^{-6} con un $\text{SNR} = -2.35$, en comparación con el método $\text{SOF}_{T1} + \text{PLS}_{T2}$. En consecuencia se logró optimizar el proceso de sincronización de trama en el estándar DVB-S2, en base a las evaluaciones de la Tasa de Error de Trama (FER)

Abstract— The research was based on "Efficient multiplierless architecture for frame synchronization in DVB-S2 standard" Boutillon, E. Et-all paper, which optimizes the frame synchronization and combined the SOF (Start of Frame), plus PLS (Physical Layer Signaling) code information with two thresholds estimation pilotless ($\text{SOF}_{T1} + \text{PLS}_{T2}$). Both allowed us to analyze and develop an algorithm with a new Start of Frame detection method called "Single Summation" which also combines PLS and SOF information pilotless, but with a single threshold estimate ($(\text{SOF} + \text{PLS})_T$). Finally it was possible to optimize the start of frame detection and reduced the probability of missed detection

(pmd) around 10 % for a false alarm (fa) about 10^{-6} with a $\text{SNR} = -2.35$, compared with the $\text{SOF}_{T1} + \text{PLS}_{T2}$ method. Accordingly it was possible to optimize the frame synchronization process in DVB-S2 standard, based on Frame Error Rate (FER) assessments.

Palabras clave— DVB-S2, inicio de trama, código PLS, Método de Sumatoria Simplificada, sincronización de tramas.

Keys words - DVB-S2, Start of Frame, PLS code, Single Summation method, frame synchronization.

I. INTRODUCCIÓN

La transmisión digital a través del satélite ha evolucionado notablemente, debido a la aparición de nuevos esquemas de modulación, codificación y de protección de errores más eficaces. El estándar DVB-S2 recoge e implementa las técnicas más avanzadas de transmisión por satélite, mejorando la generación anterior (DVB-S). Esta tecnología en combinación con los nuevos esquemas de compresión avanzados, permite una mayor eficiencia y mejores prestaciones en los servicios brindados, con respecto a DVB-S; y puesto que la tendencia a nivel mundial es tener un modelo estándar para la televisión digital en la recepción de la información con excelentes características como lo plantea DVB-S2, la presente investigación se centró puntualmente en optimizar la sincronización de trama, mejorando el desempeño de los algoritmos para la detección inicio de trama sin piloto, con un nuevo método, combinando la información PLS (Physical Layer Signaling) y SOF (Start of Frame) en el demodulador DVB-S2 [2].

La investigación abarcó sólo el problema de la determinación de inicio de trama, teniendo en consideración que la cabecera PL (Physical Layer) se

¹ Vilca Pizarro Joel Linder, E-mail: vilcapizarrojoel@gmail.com

² Emmanuel Boutillon, E-mail: emmabuel@univ-ubs.fr

³ Daniel Díaz Ataucuri, E-mail: ddiaz@inictel-uni.edu.pe

Recibido: Noviembre 2014 / Aceptado: Diciembre 2014

transmite utilizando la modulación $\pi/2$ -BPSK y se compone de una parte fija (26 bits de Inicio de trama (SOF)) y una parte variable (64 bits del código de señalización PL (PLS) que define la estructura de la trama PL). Dado que los 90 bits que corresponden a la cabecera de PL se ven afectados por tres aspectos: el ruido del canal, el desplazamiento de frecuencia de la portadora y el ruido de fase, por lo tanto la sincronización de tramas en un receptor DVB-S2 es una tarea crítica [3].

Así también un aspecto crítico en la transmisión de señal sobre el estándar DVB-S2 es la energía, en la cual establece una sensibilidad para el receptor de hasta -2.35 dB; por tal razón la sincronización y todos los procesos en la demodulación se ven afectados.

Por otro lado, la detección de inicio de trama con el uso de la información de la cabecera PL con baja complejidad de implementación, es un aspecto importante para el proceso de sincronización óptima y en consecuencia para la estimación del desplazamiento de la frecuencia de la portadora; es por ello que en la presente investigación se utilizó la composición del código PLS para realizar la sincronización, usando tanto la información SOF y PLS en base al trabajo realizado por Boutillon et al. [1]. Al respecto el mismo Boutillon y colaboradores precisan que en el ámbito comercial referente al bajo costo de implementación del receptor DVB-S2, la incertidumbre sobre el desplazamiento de frecuencia de la portadora puede ser bastante influyente, lo que lleva a un valor de ω entre $-\pi/2.5$ y $+\pi/2.5$; es decir, durante la recepción de los 90 símbolos de la cabecera PL, se puede observar hasta un máximo de ± 18 rotaciones de la señal de entrada; además, el sistema debe ser capaz de obtener la sincronización a muy baja SNR; es decir $E_s/N_0 = SNR = -2,35$ dB.

Por su parte, Sun, et al. [4], Choi y Lee [5] y Kim, Et al. [6][7] solamente usan la información del SOF para detectar el inicio de una nueva trama; es decir usan la combinación de detección diferencial de símbolos con el fin de mitigar el efecto de la frecuencia de desplazamiento. Según los mismos autores, una vez que se realiza la sincronización de trama, la estimación del desplazamiento de frecuencia se realiza antes de la decodificación coherente del código PLS; aspecto que según nuestro análisis y en contraste con el trabajo realizado por Boutillon et al. [1], se estimó que el método propuesto por ellos es poco eficiente para una óptima sincronización de trama.

Además, con el fin de reducir la complejidad del proceso de sincronización, y por tanto su disipación de energía, la magnitud de los símbolos de entrada $r(k)$ se establece primero a 1; es decir $r(k)$ se sustituye por $r(k)/|r(k)|$, gracias al componente CORDIC (Coordinate Rotation Digital Computer); aspecto importante que se

tomó como referencia en el presente trabajo de investigación [1]. Por lo tanto, en base al análisis de los artículos científicos publicados por los autores antes mencionados, se desarrolló el método “Sumatoria Simplificada”, con el cual se detectó el inicio de trama, usando la información del SOF y PLS con un solo umbral de estimación para lograr optimizar el proceso de sincronización de trama sobre el estándar DVB-S2.

II. METODOLOGÍA

A. Estudio teórico de la detección de inicio de trama

Se hizo el estudio, análisis y revisión del estado del arte que comprende la literatura en general y trabajos de investigación sobre temas como:

- Sincronización de trama.
- Supresión del desplazamiento de frecuencia y ruido de fase.
- Detección robusta de cabecera de trama.

B. Modelo de referencia del método de detección de inicio de trama

Fue la base para el desarrollo, modificación y/o implementación de nuevos algoritmos. Se partió de los modelos (estructuras SOF, PLS, PLS/SOF), métodos y trabajos realizados con respecto a la sincronización de tramas que fueron comparados mediante simulaciones (curvas ROCs y tasa de error de trama) con el método propuesto denominado “Sumatoria Simplificada”, con el propósito general de mejorar:

- La detección de cabecera de trama,
- La sincronización de trama y
- La supresión del desplazamiento de frecuencia y ruido de fase.

C. Probabilidad de error en la detección de inicio de trama

Para evaluar el desempeño global del método de detección de inicio de trama fue necesario estimar probabilísticamente la tasa de error de tramas (FER) en el proceso de detección, ya que el error se produce principalmente a causa de la señal perturbada por el ruido del canal y ruido de fase que se da en el demodulador.

III. ANÁLISIS

En base al artículo indexado “*Efficient multiplierless architecture for frame synchronization in DVB-S2 standard*” [1], se analizó los algoritmos de detección con respecto a su arquitectura (estructuras del detector SOF, PLS y PLS/SOF), con el fin de

establecer el desarrollo de un nuevo método de detección de inicio de trama y explicación auto-consistente.

A. Propiedad del código Hadamard

Consideremos un código de matriz Hadamard clasificador de tamaño (4, 8) que es suficiente para explicar el principio del decodificador PLS. El proceso de codificación asociado a un vector binario b de tamaño 4, una palabra de código Y de tamaño 8 estará dado por:

$$Y = b \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Por ejemplo, $b = [0 \ 1 \ 1 \ 1]$ da como palabra de código $Y = [1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1]$.

La palabra de código Y es modulada gracias a la modulación BPSK: un bit cero es asociado a -1 y un bit 1 es asociado a 1 . Asumiendo un desplazamiento de frecuencia de θ radianes por muestra, la señal recibida Z es igual a:

$$Z = [1 \ e^{j\theta} \ e^{j2\theta+\pi} \ e^{j3\theta+\pi} \ e^{j4\theta+\pi} \ e^{j5\theta+\pi} \ e^{j6\theta} \ e^{j7\theta}] \quad (1)$$

Observando esta secuencia podemos notar que:

$$\left. \begin{aligned} A &= Z(0)Z(1)^* + Z(2)Z(3)^* + Z(4)Z(5)^* + Z(6)Z(7)^* = 4e^{-j\theta} \\ B &= Z(0)Z(2)^* + Z(1)Z(3)^* + Z(4)Z(6)^* + Z(5)Z(7)^* = 4e^{-j2\theta+\pi} \\ C &= Z(0)Z(4)^* + Z(1)Z(5)^* + Z(2)Z(6)^* + Z(3)Z(7)^* = 4e^{-j4\theta+\pi} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

y de esta manera:

$$S = |A| + |B| + |C| = 12 \quad (3)$$

De la ecuación (3) se puede verificar que la suma S es independiente de la palabra de código Y seleccionada y del valor de la frecuencia desplazada θ . De hecho, esta propiedad es inherente a la estructura de la matriz de código.

B. Estructura del detector SOF

Para describir la estructura del detector SOF para la sincronización de tramas, consideramos el modelo de transmisión de señal sobre el estándar DVB-S2.

La señal recibida $r(t)$ consiste en la suma de la señal transmitida $s(t)$ con una modulación BPSK (*Binary Phase Shift Keying*); es decir $B(0) = -1$ y $B(1)=1$ y ruido gaussiano blanco (AWGN, *Additive White Gaussian Noise*) denotado con $w(t)$ con una densidad espectral de potencia bilateral N_w .

Suponiendo que el control de ganancia automática y los circuitos de recuperación de temporización de símbolos (STR, *Symbol Timing Recovery*) han funcionado correctamente, la señal recibida $r(k)$ se puede escribir como:

$$r(k) = B(s(k))e^{j\theta(k)} + n(k) = s(k)e^{j(\omega k + \phi)} + \omega k \quad (4)$$

donde k es el índice de tiempo del punto de la muestra digital óptima, $\theta(k) = \omega k + \phi(k)$ es la fase del símbolo de entrada, ω es equivalente a $\omega = 2\pi\Delta f \times T_s$, Δf es el desplazamiento de frecuencia de incertidumbre, T_s es el periodo del símbolo, y $\phi(k)$ es el ruido de fase variable en el tiempo. Si una trama empieza en el tiempo k_0 ; entonces las próximas 26 muestras enviadas son: $s(k_0 + l) = sof(l)$, $l = 0, 1, \dots, 25$ donde sof está fijado a la secuencia del SOF definida por el estándar DVB-S2.

Tomando como referencia el artículo "*Efficient multiplierless architecture for frame synchronization in DVB-S2 standard*" de Boutillon et al. (2011), donde $R(k)$ es la salida del filtro SOF en el instante k , $R(k)$, se puede escribir como:

$$R(k) = \sum_{i=1}^{25} |n_i(k)| \quad (5)$$

donde $n_i(k)$ está dado por:

$$n_i(k) = \sum_{l=0}^{25-i} e^{j(\theta(k+l) - \theta(k+l+i))} g_i(l) \quad (6)$$

Los coeficientes $G_i = g_i(l)_{l=0,1,\dots,(25-i)}$ del filtro tipo impulso de respuesta finita (FIR, *Finite Impulse Response*) G_i está dado por:

$$g_i(l) = B(sof(l))B(sof(l+i)) \quad (7)$$

La estructura del detector SOF con modificaciones en la salida es mostrada en la Fig. 1 (cambio del módulo $|x|^2$ por $|x|$).

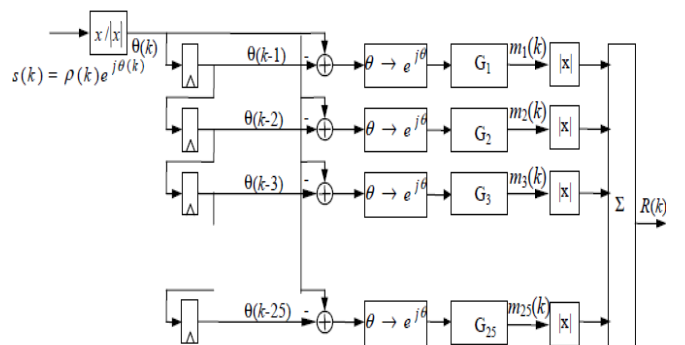


Fig. 1. Estructura del detector SOF.

C. Estructura del detector PLS

Dada la descripción de la estructura del detector SOF en la sección anterior para el modelo de transmisión de señal sobre el estándar DVB-S2, las siguientes muestras de 64 bits en la cabecera de la trama son: $s(k_0 + 26 + l) = plsc(l) \oplus scr(l)$, $l = 0, 1, \dots, 63$, donde, \oplus es el operador binario, Ex-Or, $scr(l)_l = 0, 1, \dots, 63$ es la secuencia fija del scrambling definido por el estándar, y $plsc(l)_l = 0, 1, \dots, 63$ es el código PLS.

La generalización del ejemplo dado en la sección A para el código PLS utilizado es muy sencilla. La única diferencia es que el efecto del scrambling ha de ser suprimida para la elección apropiada de los coeficientes de los filtros.

El PLS del código de PLSC se define como el producto de un vector de 7 bits de información $pls(q)_q = 0, 1, \dots, 6$ que codifican la estructura de trama PL (4 tipos de modulación, 8 tipos de codificación, 16K ó 64K del tamaño de la longitud de trama, símbolos piloto o no) y la matriz Hadamard H de 7×64 definida como: $H(i, l) = (l \gg i) \& 1$ para las primeras 6 líneas, y $H(6, l) = 1$ para la última línea; por ejemplo la primera línea contiene una secuencia periódica de "01", la segunda línea una secuencia periódica de "0011", la tercera línea una secuencia periódica de "00001111" y así sucesivamente hasta la última línea que sólo está compuesto de "1".

La salida $m_i(k)$ en el instante k del filtro FIR de índice i está dada por:

$$m_i(k) = \sum_{j=0}^{31} e^{j(\theta(k-j) - \theta(k-j-i))} h_i(j) \quad (8)$$

Los coeficientes $\{h_i(j)\}_{j=0,31}$ están dados por:

$$h_i(j) = scr(j)scr(j-i)(1 - bin(j)(\log_2(i))) \quad (9)$$

Donde scr es la secuencia scrambling (tomando sus valores entre 1 y -1) y $bin(j)$ es la representación binaria de j y $bin(j)(k)$ es el $(k-1)$ ésimo bit de esta representación binaria. Así, los coeficientes FIR pueden tomar el valor 0, -1 ó 1, permitiendo tener un bajo costo de implementación. La salida $T(k)$ es entonces dada por:

$$T(k) = |m_1(k)| + |m_2(k)| + |m_4(k)| + |m_8(k)| + |m_{16}(k)| + |m_{32}(k)| \quad (10)$$

La implementación del filtro PLS que calcula $T(k)$ es mostrado en la Fig. 2.

Con el fin de decidir la sincronización o no, $T(k)$ es comparado a un umbral T_{PLS} , si $T(k) \geq T_{PLS}$, el inicio de la trama es detectada.

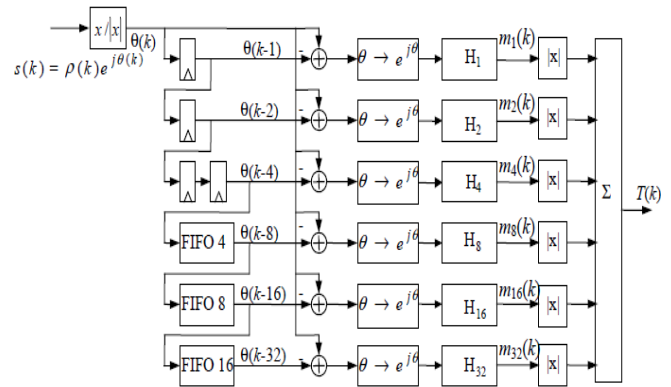


Fig. 2. Estructura del detector PLS.

D. Estructura del detector PLS/SOF

Con la finalidad de desarrollar un nuevo método que optimice la sincronización dentro del bloque de detección de cabecera de trama, se tomó como referencia el trabajo realizado por Boutillon et al. (2011), que en este caso al juntar el SOF y PLS tal e igual como el método propuesto por el autor mencionado, resulta diferente porque tanto el SOF (sección B) como el PLS (sección C) previamente fueron modificados en sus respectivas salidas; es decir el modulo $|x|^2$ es reemplazado por $|x|$. Para un mejor entendimiento se describe el método desarrollado por Boutillon et al. (2011), el cual combina la información del SOF y del PLS para la detección de inicio de trama, en otras palabras el método detecta el inicio de la trama si la detección SOF y la detección PLS están por encima de dos umbrales elegidos, T_{SOF} y T_{PLS} respectivamente. En nuestro caso se detecta el inicio de trama por encima de un umbral; cabe destacar que las arquitecturas de detección del SOF y PLS son muy similares, ésta se puede observar en la Fig. 1 y la Fig. 2 respectivamente.

En la Fig. 1, los coeficientes de los filtros FIR toman sus valores entre -1 y 1 y el tamaño del filtro G_i es de $26 - i$. En la Fig. 2, los filtros FIR del H_i tienen un tamaño de $64 - i$ con 32 coeficientes no ceros tomando valores entre -1 y 1.

Aunque se presenten separados los detectores PLS y SOF, estos pueden compartir parte de su hardware, además de acuerdo con la proporción de la frecuencia de reloj y la frecuencia de muestreo es fácil derivar una arquitectura eficiente.

Toda la estructura (PLS/SOF) se presenta en la Fig.3. Las salidas de los dos filtros se comparan con los umbrales T_{SOF} y T_{PLS} para generar alarmas del SOF y PLS. La alarma SOF es retrasada por los primeros 64 ciclos de reloj (FIFO, 64), con el fin de estar sincronizado con la alarma PLS. Si ambos son positivos, un inicio de detección PLS se decide.

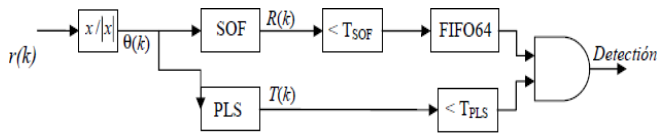


Fig. 3. Estructura del detector PLS/SOF.

IV RESULTADOS

A. Método de la Sumatoria Simplificada (Método propuesto)

Con el propósito de mejorar el rendimiento y reducir la complejidad de implementación de la arquitectura en base al método de detección de trama PLS/SOF descrito en el análisis de la sección D, desarrollamos el método denominado SUMATORIA SIMPLIFICADA.

Una primera sorpresa del estudio fue que al simplificar la ecuación (5), tomando sólo el valor del índice i que es igual a una potencia de dos; donde el índice i pertenece al conjunto $\{1, 2, 4, 8, 16\}$ se mejoró el rendimiento de las características operativas del receptor (ROC). En otras palabras, $R(k)$ en (5) se sustituye por $R'(k)$ definida como:

$$R'(k) = |n_1(k)| + |n_2(k)| + |n_4(k)| + |n_8(k)| + |n_{16}(k)| \quad (11)$$

Además este método se logró mejorar tomando una decisión sobre la suma conjunta de $R'(k)$ y $T(k)$, por ejemplo,

$$S(k) = R'(k) + T(k) \quad (12)$$

El valor de $S(k)$ se comparó con un umbral ($T_{PLS/SOF}$) para detectar la presencia del inicio de trama ($S(k) > T_{PLS/SOF}$).

B. Evaluación Parcial del desempeño del método propuesto

En esta sección se muestra el rendimiento en término de las características operativas del receptor (curvas ROC), donde una curva ROC permite mostrar gráficamente las tasas de falsas alarmas y las tasas de pérdidas de detección como una curva paramétrica de los umbrales. La comparación entre el método de detección PLS/SOF reportado por Boutillon et al. [1], que denotamos como $(SOF+PLS)_T$, y el método de sumatoria simplificada, denotado como $(SOF+PLS)_T$ nos dio un primer alcance para la evaluación del desempeño en base a los algoritmos.

Para la evaluación se usó la modulación de constelación QPSK de longitud de trama larga (64K bits, es decir 32 K símbolos QPSK) con una simulación en MATLAB para un número de 10.000

tramas. La probabilidad de falsa alarma se define como el número medio de falsa alarma durante la recepción de una trama.

Por otra parte, en contraste con el método de Boutillon et al. [1], se remeplazó el módulo $|x|^2$ por $|x|$ en las salidas del detector PLS y SOF, con el propósito de mejorar el desempeño de la detección, por tal razón se evaluó el cambio realizado, tal como se presenta en la Fig. 4, donde se observa que el método propuesto $(PLS+SOF)_T$ evaluado con módulo $|x|$ ofrece mejor desempeño en términos de ROCs, en comparación al módulo $|x|^2$ dentro de las estructuras del detector PLS y SOF; por ejemplo una tasa de falsa alarma de 10^{-6} (una falsa alarma por trama en promedio), como resultado del proceso de detección con el módulo $|x|^2$, da una pérdida de detección alrededor de 0.44, y el módulo $|x|$ una pérdida de detección solo de 0.39.

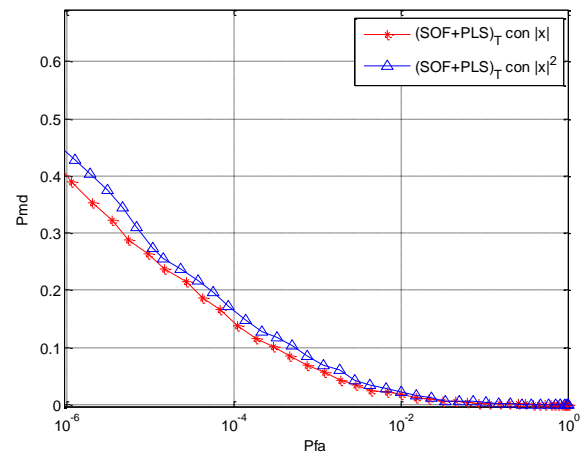


Fig. 4. Comparación entre el módulo $|x|$ y $|x|^2$ con SNR = -2.35 dB

Por otro lado, el método de Boutillon et al. [1], que propone la estimación con de la detección de inicio de trama con dos umbrales ($(SOF_{T1}+PLS_{T2})$), son aleatoriamente estimadas usando tablas para distintos valores de T_{SOF} y T_{PLS} en la evaluación de las probabilidades de pérdida de detección en función a la falsa alarma; para el mismo caso, nosotros en vez de utilizar tablas para evaluar las probabilidades indicadas se utilizó el principio de Pareto, para tener una estimación más aproximada de los umbrales T_{SOF} y T_{PLS} (bordes) dentro de la constelación de puntos (picos).

Además en las siguientes Figuras 6 y 7 se muestran de igual manera la evaluación del desempeño según las características operativas del receptor (curvas ROCs) entre los métodos de detección PLS/SOF en dos escenarios diferentes: SNR = 0 dB y SNR = 1 dB, en tales evaluaciones se puede apreciar una significativa variación positiva de la tasa de pérdida de detección para el método sumatoria simplificada $((SOF+PLS)_T)$

y el método clásico ($\text{SOF}_{T1} + \text{PLS}_{T2}$), e incluso para la detección sólo con el PLS, y solamente poca variación de la tasa de pérdida de detección usando sólo el SOF.

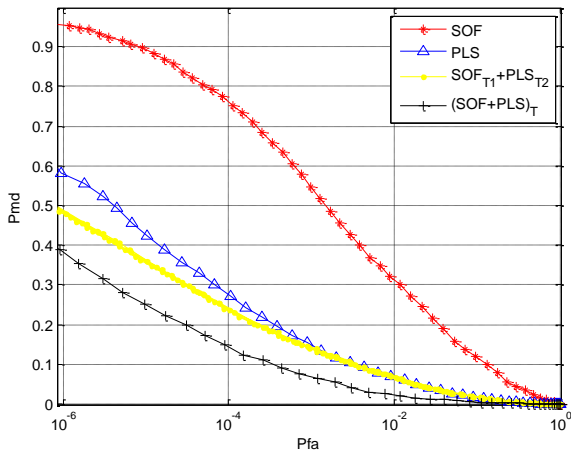


Fig. 5 Curvas ROCs para la optimización del método $\text{SOF}_{T1} + \text{PLS}_{T2}$ y para la optimización del método $(\text{SOF} + \text{PLS})_T$ con SNR = -2.35 dB

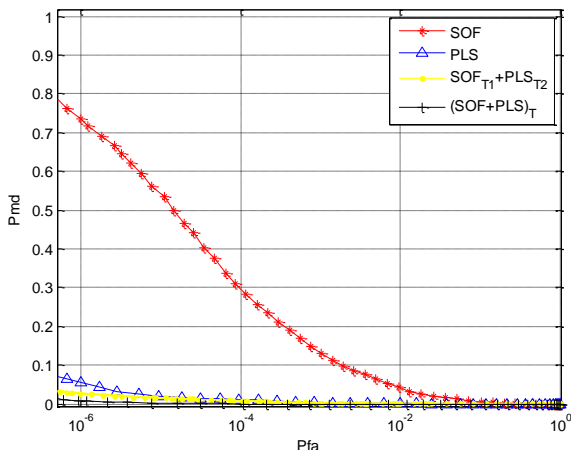


Fig. 6. Curvas ROCs para la optimización del método $\text{SOF}_{T1} + \text{PLS}_{T2}$ y para la optimización del método $(\text{SOF} + \text{PLS})_T$ con SNR = 0 dB

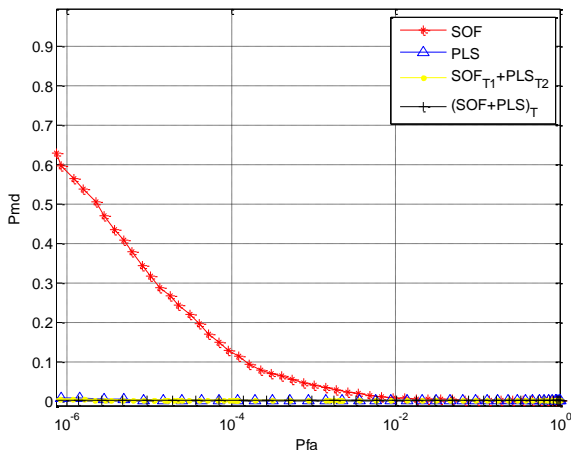


Fig. 7 Curvas ROCs para la optimización del método $\text{SOF}_{T1} + \text{PLS}_{T2}$ y para la optimización del método $(\text{SOF} + \text{PLS})_T$ con SNR = 1 dB

Finalmente el método de SUMATORIA SIMPLIFICADA (Fig. 8) se evaluó para diferentes porcentajes de desplazamiento de frecuencia: 0 %, 10 %, 30 %, 60 % y 100 %, a un SNR = -2.35 dB. La variación del desplazamiento de la frecuencia a distintos porcentajes no afecta al desempeño de la detección, aspecto que podemos verificar con el resultado de la simulación presentada en la Fig. 8 (curvas ROCs); donde se muestra que la variación del desplazamiento de frecuencia no tiene una importante distorsión en el desempeño para la detección de trama y solo depende del ruido del canal de tipo AWGN.

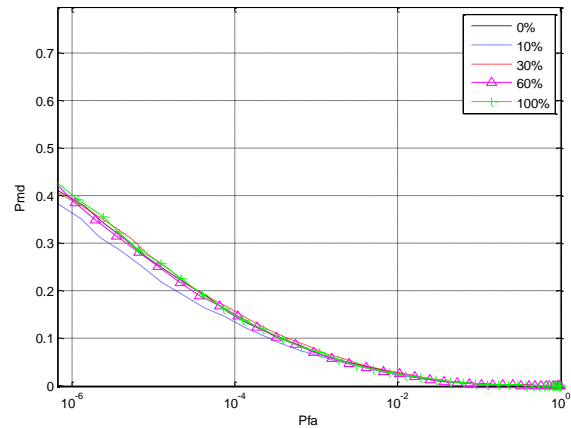


Fig. 8. Curvas ROCs para la optimización del método $(\text{SOF} + \text{PLS})_T$ a diferentes porcentajes de desplazamiento de frecuencia con SNR = -2.35 dB.

C. Evaluación General del desempeño del método propuesto

La evaluación general del desempeño en términos de probabilidad o tasa de error de trama (FER) para el método propuesto, fue simulado en MATLAB (Fig. 9) con los siguientes parámetros: Longitud de trama LF=154 bits (incluye la información del PLS = 64 bits, información del SOF = 26 bits y el dato = 64 bits), Número de tramas NF=20000, estimado a un rango de potencia de la señal SNR de -3 dB a 1 dB.

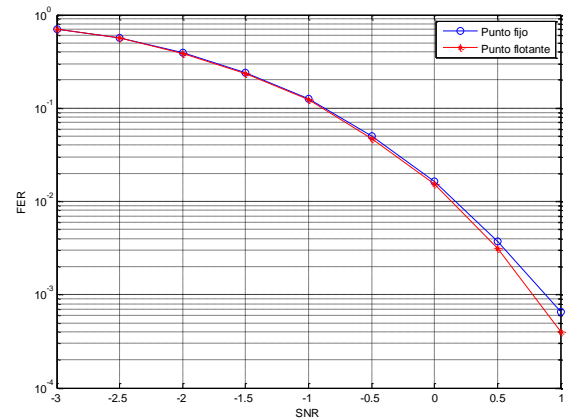


Fig. 9. Desempeño general del método “Sumatoria Simplificada”

Dicha evaluación se hizo comparando las curvas paramétricas de punto fijo con el punto flotante, donde la diferencia entre las estimaciones de punto fijo y punto flotante es mínima; es decir menor a 0.5 dB, lo cual demuestra una reducción de la complejidad.

La evaluación del desempeño en términos de tramas erradas (con NF = 20000) después del proceso de detección se explica de la siguiente manera:

1) Como límite inferior de la potencia de la señal igual -2.35 dB (definida por el estándar DVB-S2), la estimación de punto fijo y punto flotante presenta un error cada 6 tramas detectadas.

2) Para una potencia de señal igual 1 dB, la estimación de punto fijo presenta un error cada 5000 tramas detectadas, y la estimación de punto flotante presenta un error cada 7000 tramas detectadas.

V. CONCLUSIONES

El uso de la estructura combinada PLS con el SOF, bajo un umbral de estimación en la sincronización, permite obtener un método muy fiable para detectar el inicio de trama sin piloto sobre el estándar DVB-S2.

El método “Sumatoria Simplificada” optimiza la detección de inicio de trama sin piloto, logrando una reducción de la probabilidad de pérdida de detección (pmd) de alrededor del 10 % para una falsa alarma (fa) de 10^{-6} con un SNR=-2.35dB en comparación con el método planteado en el artículo “*Efficient multiplierless architecture for frame synchronization in DVB-S2 standard*”.

REFERENCIAS

- [1] Boutillon, E.; Pansoo Kim; Roland, C.; Deock-Gil Oh;, “Efficient multiplierless architecture for frame synchronization in DVB-S2 standard”. *Signal Processing Systems. IEEE Workshop on*, Oct. 2011.
- [2] Gerra D; “Desarrollo de un programa que permita calcular los parámetros de transmisión Forward en enlaces satelitales utilizando el estándar DVB-S2 (Digital Video Broadcasting by Satellite 2)”, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, 2007.
- [3] ETSI EN 302 307 V1.3.1. “Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2)”, 2013-03.
- [4] Sun F., Y. Jiang, L. Lee, “Frame synchronization and pilot structure for second generation DVB via satellites”, *Wiley Int. Journal of Satellite Communications and Networking*, Vol. 22, No. 3, pp.319-339, May-Jun 2004.
- [5] ChoiZ. Y., and Y. H. Lee, “Frame synchronization in the presence of frequency offset”, *IEEE Trans. on Commun.*, Vol.50, No. 7, pp.1162-1065, Jul. 2002.
- [6] Kim P, et al., “Enhanced frame synchronization for the DVB-S2 system under a large of frequency offset”. in *Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC'07)*, pp.1183-1187, Mar 2007.
- [7] Kim P., et al., “Robust frame synchronization for the DVB-S2 system with large frequency offsets”. *Wiley Int. Jour. of Satellite Communications and Networking*, Vol. 27, No. 1, pp.35-52, Jan-Feb 2009.