

HOP SEQUENCES GENERATOR CODE FOR WLAN SPREAD SPECTRUM DEVICES

CODIGO GENERADOR DE SECUENCIAS DE SALTO PARA DISPOSITIVOS DE ESPECTRO EXTENDIDO EN WLAN

MSc. G.A. Villa Hómez, MSc. H.K. Aboukheir Hernández, MSc. P.A. Romero Díaz

Universidad Dr. Rafael Beloso Chapín

Escuela de Electrónica, Facultad de Ingeniería, Maracaibo, Est. Zulia, Venezuela

E-mail: gvelec@ieee.org

Abstract: Hop sequences generator that using basic circuits like shift registries, DACs and OPAMPs, supported in IEEE standards, agreements WLANA and in authors facilitate to the microcontroller the hops control process, since it implies the PLL elimination, simplifying the design when reducing the elements that conform to the synthesizer of frequency, increasing the technology efficiency. When establishing a new model of spectrum use in the ISM-2.4GHz band, device communication channel FHSS and a contribution to the frequency hops theory.

Resumen: Generador de secuencias de salto que utilizando circuitos básicos como registros de corrimiento, DACs y OPAMPs, apoyado en los estándares IEEE, acuerdos internacionales WLANA y en autores facilita al microcontrolador el proceso de control de los saltos, ya que implica la eliminación de los PLL, simplificando el diseño al reducir los elementos que conforman al sintetizador. Aumentando la eficiencia de ésta tecnología. Al establecer un nuevo modelo de utilización del espectro en la banda ISM-2.4GHz, del canal de comunicación, de dispositivos FHSS y un corolario a la teoría de saltos de frecuencia.

Keywords: Sequences generator, WLAN, Spread spectrum, IEEE standards, PLL, FHSS

1. INTRODUCCIÓN

La adopción de la técnica FHSS por distintos estándares, su real aplicabilidad y su implicación en los costos, siempre ha estado ligada a su complejidad, la cual se centra en la necesidad del cálculo o predicción de los saltos y la evasión de las colisiones e interferencias cocanal, para tiempos de salto cada vez menores y tasas de transmisión de información cada vez mayores; lo cual hace crítica esta función para la integridad y seguridad del sistema, como también para el rendimiento y con

ello la calidad de los servicios que por un enlace FHSS se pueden prestar.

En diversos sistemas de FHSS las secuencias de salto son asignadas o preestablecidas en tablas de salto, estas son generadas por un microcontrolador que gobierna el funcionamiento de sintetizadores de frecuencia, los cuales generan las frecuencias portadoras de los canales. Esta situación ata el desempeño de los saltos al funcionamiento de dicho micro y a la respuesta de los circuitos gobernados por él, representando así una limitación de diseño.

Los tiempos de procesamiento y tratamiento de la información de control, que el micro ha de manejar para sincronizarse a los saltos del sistema son determinantes, ya que esto genera retardos que repercuten en la convergencia de los saltos de los dispositivos que conforman la red.

Para FHSS, el uso del espectro radial esta ceñido al algoritmo utilizado para el cálculo de los saltos, al reuso de las frecuencias asignadas como canales temporales, a la redundancia de las secuencias de salto y a su ortogonalidad.

En este documento se presenta la situación problemática y se plantea un modelo de generador de secuencias de salto como posible solución al problema planteado.

2. LA TÉCNICA FHSS

En el primer documento legal que describe un sistema de espectro extendido, la técnica original presentada a la oficina de patentes de EEUU fue el salto de frecuencia [2].

En el presente esta técnica ha evolucionado y se ha adaptado a las necesidades actuales, tomando como base la idea original de un simple cambio secuencial de la frecuencia portadora sin rangos de frecuencia ni de longitudes de salto, a estándares que permiten la coexistencia y la compatibilidad de dispositivos.

Se establece como patrón de salto el número ocho "8" y se definen dos paradigmas, los saltos lentos y los rápidos. Los saltos lentos se dan de manera que entre saltos se transmiten 8bits, mientras que para los rápidos, la idea es transmitir 1bit durante 8 saltos consecutivos lo cual permite mayor velocidad entre saltos, para ambos casos el salto no puede exceder ocho canales de distancia, en frecuencias asignadas a canales consecutivos de 1MHz de ancho de canal, con una secuencia pseudo aleatoria de salto que no se reglamenta [3].

Este último punto es el talón de Aquiles de la técnica pues les da libertad a los desarrolladores de dispositivos de imponer un algoritmo propio para las secuencias de salto, por lo general éste posee una excentricidad tal que crea incompatibilidad y evita la coexistencia buscada con otros sistemas, causando interferencias y disminuyendo de manera dramática el rendimiento de las redes sobre las cuales se presenta dicho fenómeno.

Un plan de distribución de frecuencia similar al planteado en otras redes inalámbricas sería poco eficiente, pues dependería en ultimo termino de los fabricantes y técnicos encargados de dicho plan, por lo cual, se hace necesario plantear un ordenamiento lógico de dichos saltos manteniéndose dentro de los parámetros de los estándares, sin que esto signifique la pérdida de la condición pseudo aleatoria de las secuencias de salto.

Ahora bien, es importante tomar en cuenta la eficiencia en el uso espectral, ella depende de la separación de los canales y el ancho de banda efectivamente utilizado para la transmisión, es decir, de la relación ancho de banda asignable versus ancho de la banda a utilizar.

También, de los tiempos dedicados al proceso de ejecutar un salto, tomando en cuenta que se desarrolla principalmente en un microcontrolador el cual cumple una serie de micro instrucciones para calcular el salto y luego transmitir un comando a un sintetizador de frecuencia, el cual a su vez hace el cambio en la frecuencia portadora en cuestión y cada uno de estos procesos dura un tiempo específico.

Un modelo presentado por [4] muestra un análisis funcional y un diagrama de bloque descriptivo como consecuencia del análisis previo que él realiza sobre un sistema DSSS, además, cabe destacar que coincide en gran medida con el presentado por [5].

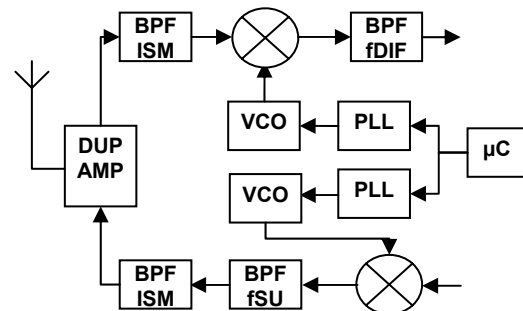


Fig. 1: Diagrama Original del Sistema FHSS

Como se muestra en Fig. 1, los saltos de frecuencia dependen del micro el cual posee el algoritmo de calculo de salto de frecuencia, por lo tanto su desempeño es determinante en los retardos y el procesamiento efectivo de los datos a ser modulados o demodulados por el sistema.

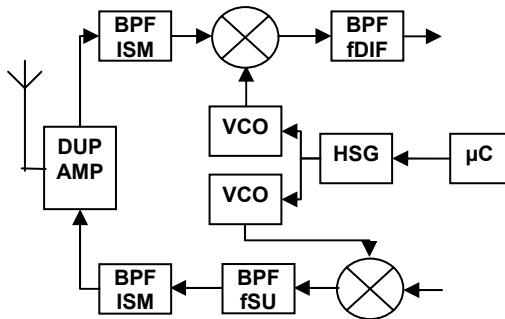


Fig. 2: Diagrama Nuevo de un Sistema FHSS

La importancia y el estudio de los procesos que ejecuta el microcontrolador se hacen trascendentes ya que además de intervenir en la transmisión de los datos, debe coordinar la sincronización con los demás dispositivos a través del canal de control. En ese sentido, el Autor propone colocar entre el microcontrolador y los VCO un dispositivo denominado Generador de Secuencias de Salto (ver Fig. 2), el cual, a partir de una simple orden del microcontrolador se encarga de controlar el VCO generando los saltos él mismo.

El nuevo dispositivo se muestra en Fig. 3 y recibe el nombre de HSG (Generador de Secuencias de Salto), ésta innovación en el diseño implica la existencia de un LSC (circuito de lógica secuencial) que permita obtener las secuencias a partir de un código base, comportándose según lo estipulado para el nuevo modelo y satisfaciendo de manera simple y económica la necesidad de cambio.

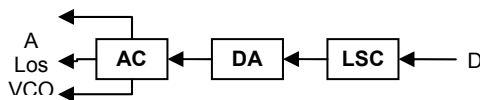


Fig. 3: Generador de Secuencias de Salto

Este entrega al VCO un nivel de voltaje acorde con la frecuencia determinada para cada salto, para lo cual ha de poseer un DAC (convertidor digital analógico) que permita llevar el código binario a un voltaje y un ACC (circuito de acople analógico) para obtener los niveles de voltaje necesarios para manejar todos los VCO que se necesite.

3. LA ASIGNACIÓN DEL ESPECTRO

Las bandas ISM fueron las asignadas para el uso de dispositivos 802.11 los cuales utilizan en su capa física FHSS, por lo tanto, y según lo expuesto en [6], el rango de frecuencia asignado es 2.400-

2.484GHz, lo cual le asigna un ancho de banda de 84MHz que equivale a 84 canales de 1MHz de ancho de banda. Sin embargo, se establece la existencia de 79 frecuencias o canales predispuestos para la generación de patrones o secuencias de salto, es decir, se desperdicia 1MHz.

De igual manera, se establecen 78 patrones o secuencias de salto agrupados en tres grupos de 26 secuencias, con una longitud mínima de salto de 6 canales (6MHz), limitando así la cantidad de secuencias a utilizar.

Por lo anterior, el autor se planteó estudiar una nueva distribución de canales y la adopción de un nuevo criterio de generación de secuencias que permita aumentar las secuencias disponibles, para mejorar la eficiencia en el uso espectral.

Como se observa en Fig. 4, en cuanto a la distribución de los canales se plantea dividirla banda de frecuencia en 10 subbandas de 8MHz cada una dejando 1MHz de guarda antes y después de las subbandas y en el centro de la banda ISM, agrupando así un grupo de cuatro subbandas desde 2.401GHz hasta 2.441GHz y otro desde 2.442GHz hasta 2.482GHz, conteniendo de esta forma cuarenta canales cada grupo y dando un total de 80 canales de 1MHz, disponibles su asignación.

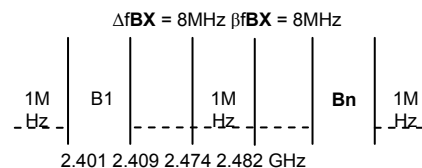


Fig. 4: Nueva Distribución de la Banda ISM

De esta manera (Ver Fig. 5), el canal estaría dispuesto con una guarda de 100KHz desde la frecuencia asignada al canal, donde estaría asignada la frecuencia TX1 (Transmisión Primaria) y con un desplazamiento de 250KHz se encontrarían sucesivamente las frecuencias RX1 (Recepción Primaria), TX2 (Transmisión Secundaria) y RX2 (Recepción Secundaria), dejando así una guarda al final del canal de 150KHz, donde se iniciaría el siguiente canal consecutivo en la misma subbanda.

Este formato garantiza al menos el doble de la tasa de transmisión presentada por el estándar actual al convertir al canal en doble fullduplex.

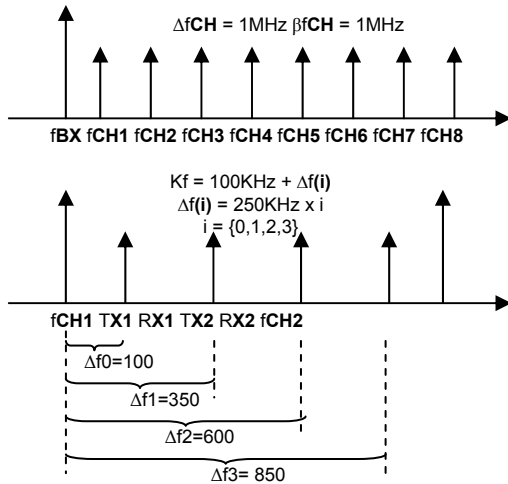


Fig. 5: Nueva Distribución de Canales en la SubBanda

Ahora bien, como se indico anteriormente cada canal presenta cuatro portadoras las cuales conforman cuatro subcanales cada uno de 250KHz de ancho de banda (ver Fig. 6), con una desviación de frecuencia de 125KHz, quedando definidas dentro de este subcanal ocho frecuencias de salto con una desviación de frecuencia cada una de 15KHz, es decir distanciadas 30KHz una de otra con una guarda al inicio y fin de de 5KHz.

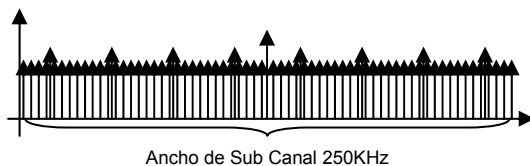


Fig. 6: Modelo de SubCanal

4. LA MODULACIÓN, LA TASA PROMEDIO DE ERROR Y LA TASA DE PAQUETES PERDIDOS

Las tasas de error en bits y de paquetes perdidos son indicadores de la calidad del estado de un enlace, ellas dependen de factores ambientales como las condiciones de ruido y la carga ofrecida a la red.

En este orden de ideas, en 2001 [7] se describió la relación que existe entre los puntos mencionados anteriormente, basándose en una investigación de campo y el análisis estadístico de mediciones tomadas a un enlace entre dispositivos de red

inalámbrica, en la cual obtuvieron como resultado que para todas las modulaciones evaluadas las tasas de error de bits no depende de la longitud de los paquetes sino de su posición y la tasa de paquetes perdidos solo depende de la longitud del burst y no de la codificación ni de la modulación utilizada cuando ésta es multinivel (BPSK, QPSK, u otra).

Esto nos coloca en la posición de seleccionar cualquier modulación siempre y cuando esta sea multinivel y podamos de alguna manera regular la longitud de los burst, para garantizar un nivel de calidad de enlace y con ello de los servicios que la red presta a sus usuarios.

5. LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO

Es importante resaltar que LSC posee intrínseco el código generador y que este es una secuencia maestra de unos y ceros que representan las ocho frecuencias de salto de un canal, por lo cual solo esta activo un BIT de un octeto a la vez en el código.

La secuencia de salto parte de la idea de utilizar todas las posibilidades de salto y las combinaciones alternadas de saltos hacia delante y atrás, sin repetir la posición hasta la siguiente secuencia de salto, la cual a demás, no se iniciara en la misma posición hasta un número considerable de secuencias realizadas, para mantener su carácter pseudoaleatorio.

Por lo anterior, se presenta la idea original de realizar un barrido de las frecuencias utilizando saltos consecutivos con sentidos alternados y longitud decremental, es decir, saltar de la menor frecuencia a la mayor del rango de salto en el canal, luego disminuir la longitud de salto y hacerlo en sentido contrario al anterior, hasta cubrir todas las posibilidades de salto (ocho frecuencias de salto del canal).

Por lo cual, si apilamos ocho registros de 8 bits con bits activos uno por cada registro, dispuestos horizontalmente y sumamos bit a bit verticalmente se ha de cumplir que siempre, sin importar el salto dicha suma siempre es el valor más alto posible (FFh). Todo el proceso se sintetiza en el diagrama de la Fig. 7.

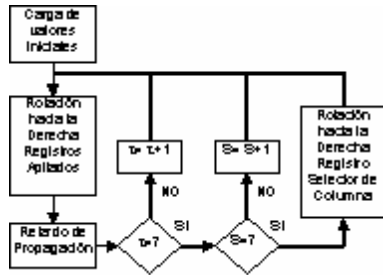


Fig. 7: Diagrama de Flujo

Sin embargo, la lectura vertical de las casillas de los registros apilados es variable en el tiempo y distinta para cada uno de los ocho tiempos (ocho saltos) necesarios para que se repita.

Si se conectan los ocho registros de manera que uno se recicle en el siguiente, se obtendrán 64 posiciones distintas, es decir, 64 saltos para que las condiciones iniciales se repitan, y si además, al repetirse se cambia la columna a leer sin repetirla hasta haberlas leído todas, se obtendrían entonces ocho secuencias de 64 saltos, donde solo cada ocho secuencias nunca coinciden en la misma frecuencia de salto, formándose así ocho grupos de ocho secuencias que se denominan ortogonales.

Ahora bien, partiendo de las ideas presentadas sobre como deben ser los saltos, en esta investigación se genero un corolario a la teoría sobre los saltos de frecuencia planteada por el estándar y por [4], donde se expuso que el generador de código pseudoaleatorio es serial debiendo ser convertido a dato paralelo para que un PLL sea quien controle en último termino al VCO.

Esto genera dos procesos adicionales a la generación del código y complejidad al diseño del sistema justificando su descarte en éste nuevo diseño.

A continuación se expresa matemáticamente el nuevo proceso de salto. Partiendo de $fCH(x)$, un valor inicial de frecuencia de canal en la subbanda, donde x indica la primera frecuencia asignable del canal, se adiciona en la dependencia el termino $S(\tau)$ que permite el desplazamiento de la frecuencia en función de los tiempos de salto τ , siendo K_f la desviación de frecuencia que establece a cual subfrecuencia del canal se refiere el salto.

Luego, conocida la cantidad de ocho saltos por secuencia, se restringe los valores posibles de τ a enteros entre 0 y 7.

Nos queda entonces:

$$fCH(\tau) = fCH(x+S(\tau)) + K_f$$

Donde: $S(\tau) = (-1)^\tau x(\tau-8)$

Para $\tau = \{0,1,2,3,4,5,6,7\}$

En Fig. 8 las filas equivalen a los registros numerados y las letras a las columnas. Si la lectura del código se realiza del mayor al menor de los registros y por letra seleccionada estamos en presencia de un diagrama que nos permite estudiar el comportamiento del generador. Queda demostrado el funcionamiento de la lógica dando pie al diseño del circuito.

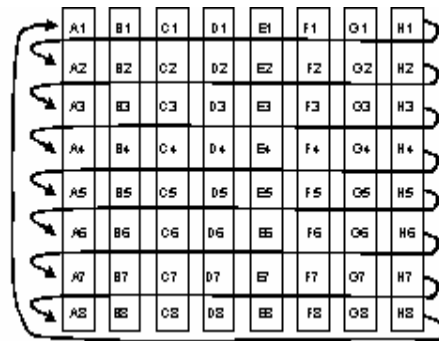


Fig. 8: Arreglo de Registros y Flujo de Bits

6. CONCLUSIONES

Se analizaron los parámetros de diseño y especificaciones ofrecidos por los estándares de redes inalámbricas en referencia a las técnicas de espectro extendido, encontrándose deficiencias en el uso y asignación de la banda ISM-2.4GHz. Esto motivó la elaboración de un modelo teórico funcional para aumentar la eficiencia en el uso espectral, estableciendo un nuevo diseño del canal y una nueva distribución de 80 canales asignables a usuarios y 3 canales para control de enlace. Además se sugirió el aumento de la cantidad de niveles en la modulación con la finalidad de lograr incrementar sustancialmente la tasa de transmisión dado que esto no implica pérdida en la calidad del enlace.

Se definió la lógica de funcionamiento necesaria para optimizar el uso de la banda ISM y se describió el dispositivo generador en sus tres elementos funcionales, circuito de lógica secuencial, convertidor digital análogo y acople análogo.

Se estableció el diagrama de bloque de la arquitectura del sistema de acceso, que integró al dispositivo generador de secuencias de salto en sustitución de los PLL que presentaban los anteriores modelos de sintetizador de frecuencia.

Dados los resultados del estudio surge la necesidad de realizar investigaciones sucesivas que permitan acondicionar el modelo para realizar pruebas de funcionamiento con un prototipo factible preferentemente un sistema embebido.

REFERENCIAS

- [1].- Ager, Festag, Weinmiller, Wolisz (1998) *Performance Study of Access Control in Wireless LANs - IEEE 802.11 DFWMAC and ETSI RES 10 HIPERLAN*, Technical University Berlin, Sekr. FT5-2, Einsteinufer 25, 10587 Berlin, Germany.
- [2].- Lamar (1941). "Sistema de Comunicación Secreta" U.S. PATENT No. 2,292,387
- [3].- Editores de IEEE 802.11 (1996). *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, Draft Standard IEEE 802.11. P802.11/D5.0*
- [4].- Couch (1998). *Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos*. Editorial Pearson Educación. México.
- [5].- Albornoz y Villa (2002). *Diseño de un Sistema de Comunicación Inalámbrica de Espectro Extendido por Salto de Frecuencia*. Trabajo Especial de Grado no publicado. Universidad Dr. Rafael Beloso Chacín. Facultad de Ingeniería. Escuela de Electrónica. Maracaibo.
- [6].- Grupo P802 (1996). IEEE P802.11-96/49A Rev.1. Recuperado el 26 de Junio 2003 en: <http://www.standar.ieee.org>
- [7].- Willig, Kubisch y Wolisz (2001). *Mediciones y Modelado Estocástico de un Enlace Inalámbrico en un Ambiente Industrial*. Informe Técnico Publicado. Universidad Técnica de Berlín. Grupo de Redes de Telecomunicaciones. Berlín.