

Espectro Expandido

Spread Spectrum

Que es?

- es una técnica que puede ser considerada como una modulación tanto como una multiplexación.
- También llamado “Espectro Disperso”, “Espectro Ensanchado”

Siempre se consideró que un sistema de comunicación resultaba eficiente en la medida que el procesos de modulación tuviera un ancho de banda reducido. En este caso el concepto es totalmente inverso. Este tipo de comunicación se empezó a utilizar en la segunda guerra mundial, pero recién llegó a usarse masivamente en los últimos años.

Por que se hizo necesario y se impuso este tipo de comunicación?

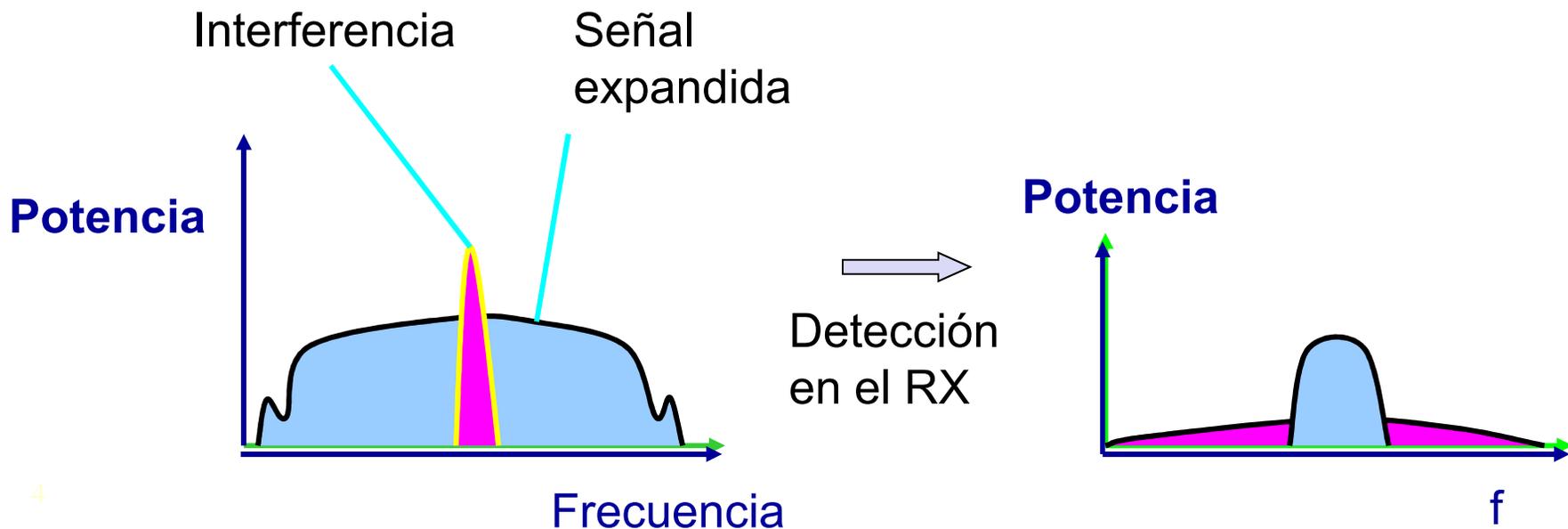
- Congestión de las bandas con servicios que: a) No tienen organismos de control o lo tienen en forma limitada. b) No requieren licencias para ser operadas.
- Seguridad y confiabilidad contra interferencias (a veces intencionales, en sistemas de comunicaciones militares).
- Privacidad de la información transmitida.
- Facilidad para utilizar bandas que no requieren licencias.

Características del Espectro Expandido

- *Esquema de modulación*
- *la señal se expande (su espectro) a través de un ancho de banda mayor que el mínimo requerido para transmitir con éxito.*
- Mediante un sistema de codificación se desplaza la frecuencia o la fase de la señal de forma que quede expandida, con lo cual *se consigue un efecto de camuflaje.*
- En el receptor la señal se recompone para obtener la información inicial.
- En definitiva, se esparce la señal a lo largo de un amplio margen del espectro evitando concentrar la potencia sobre una única y estrecha banda de frecuencia. De este modo se puede usar un rango de frecuencias que ya está ocupado por otras señales.

Características del Espectro Expandido

1. La señal ocupa un ancho de banda mucho mayor que el mínimo ancho de banda necesario para transmitir la información.
2. La expansión del espectro se lleva a cabo por medio de una *señal de expansión* también llamada *señal de código* la cual es independiente del mensaje.
3. En el receptor, para recuperar los datos originales, se debe realizar la correlación entre la señal recibida y una réplica exacta de la señal de código utilizada en el proceso de expansión.



Espectro expandido (Spread Spectrum)

Bandas disponibles sin necesidad de licencia:

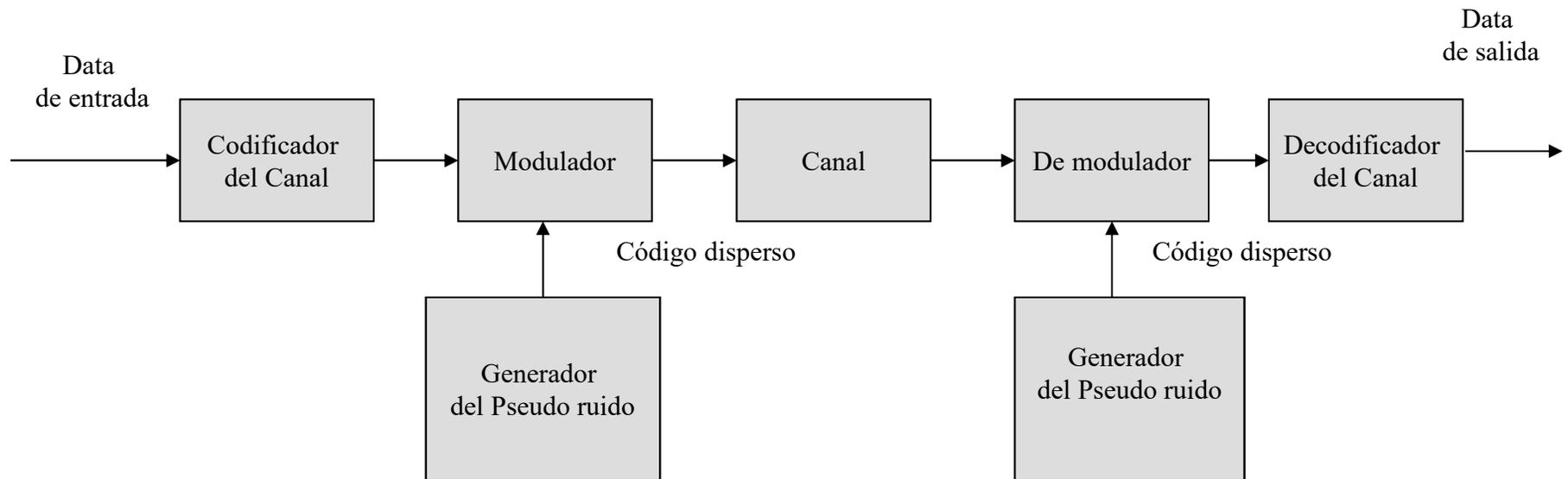
- **902 MHz a 928 MHz**
- **2,4 GHz a 2,483 GHz**
- **5,725 GHz a 5,85 GHz**

Hasta 1 W de potencia

Usan estos sistemas de comunicación:

- WLAN (redes LAN inalámbricas)
- Modems
- Teléfonos inalámbricos

Modelo de un Sistema de Comunicación Digital que usa Espectro Expandido



Modelo de un Sistema de Comunicación Digital con SS

- La señal de entrada entra a un codificador.
- Este produce una señal analógica con ancho de banda angosto.
- La señal es modulada usando una secuencia de dígitos denominado código disperso o secuencia dispersa.
- Esta señal es generada por un pseudoruido o generador de números pseudo aleatorios.
- La señal de salida que se transmitirá tiene un mayor ancho de banda.
- En el lado del receptor, la misma secuencia es usada para demodular la señal.
- La señal es procesada por un decodificador de la señal para recuperar la señal original.

Secuencias de Pseudo-Ruido

- La secuencia de pseudo-ruido (PN, pseudo-noise) es una secuencia binaria que parece ser aleatoria pero puede ser reproducida por los receptores (determinística).
- Por lo cual se llama pseudo aleatoria.
- Las características aleatorias de una secuencia PN son:
 - Tienen casi igual número de 1s y 0s.
 - Poca correlación entre versiones desplazadas de la secuencia.
 - Poca correlación entre dos secuencias cualesquiera.

Espectro Expandido: Técnicas

- **FHSS: Espectro Expandido por Salto de Frecuencia**
(Frequency-Hopping Spread Spectrum).
- **DSSS: Espectro Expandido por Secuencia Directa**
(Direct Sequence Spread Spectrum).

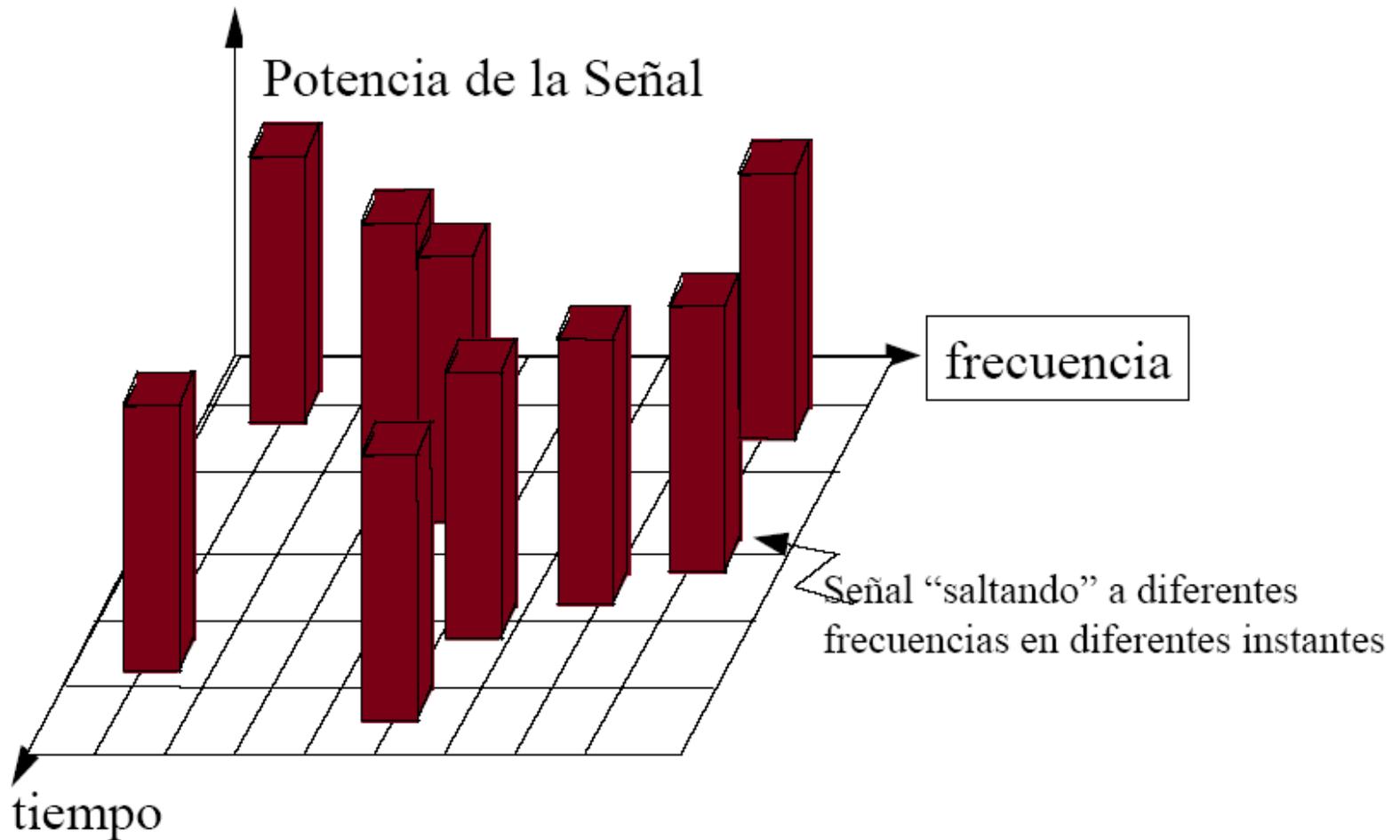
Espectro expandido por salto de frecuencia (FHSS)

- *FHSS* la señal salta o se mueve de una frecuencia a otra, es decir la expansión de la señal se produce transmitiendo una ráfaga en una frecuencia, saltando luego a otra frecuencia para transmitir otra ráfaga y así sucesivamente
- La tecnología de espectro ensanchado por salto en frecuencia (FHSS) consiste en transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo llamada dwell time e inferior a 400 ms
- Pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo a otra frecuencia. De esta manera cada tramo de información se va transmitiendo en una frecuencia distinta durante un intervalo muy corto de tiempo

Espectro expandido por salto de frecuencia (FHSS)

- La señal es difundida sobre una serie de frecuencias de radio aparentemente aleatoria.
- Cierta número de canales son reservados para las señal FH.
- La señal pasa de frecuencia a frecuencia en intervalos fijos..
- El transmisor opera en un canal en un tiempo determinado.
- Los bits son transmitidas usando un esquema de codificación.
- En cada intervalo sucesivo, una nueva frecuencia es seleccionada. Las secuencias son determinadas por el código disperso o pseudoaleatorio.
- El receptor captura los mensajes que viajan en la señal saltando entre las secuencias en sincronismo con el receptor.
- Para un receptor no deseado, FHSS parece ser un impulso de ruido de corta duración.

Espectro expandido por salto de frecuencia (FHSS)



Espectro expandido por salto de Frecuencia (FHSS)

Una analogía comúnmente utilizada para entender el Espectro Expandido es la de una serie de trenes saliendo de una estación al mismo tiempo. La carga que deben llevar los trenes, se distribuye relativamente igual entre los trenes.

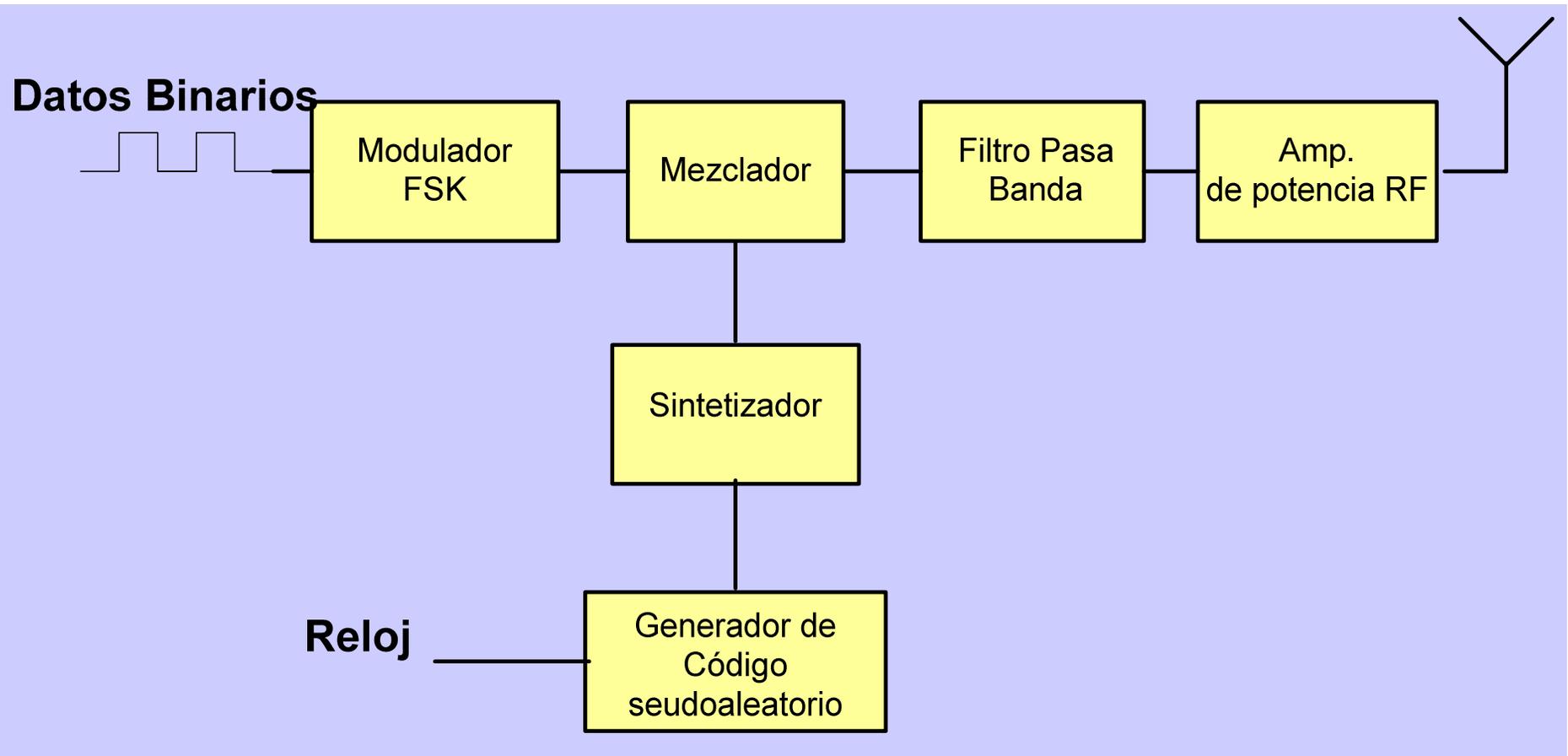
Al llegar al destino, la carga es sacada de cada tren y es cotejada.

Las duplicaciones de datos son comunes en el Espectro Expandido de modo que cuando los datos llegan demasiado dañados, o falla el envío, la redundancia inherente a esta tecnología proporciona la capacidad de interpretar el mensaje.



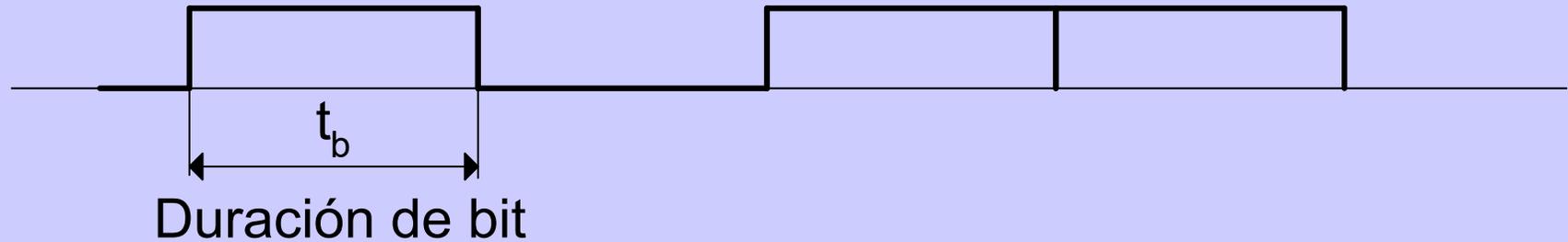
Con una arquitectura FHSS, los trenes salen de una manera diferente, es decir, no secuencialmente de tren de 1 al tren N. Los trenes que encuentran interferencias no se envían de nuevo hasta que la interferencia cesa.

Transmisor FHSS

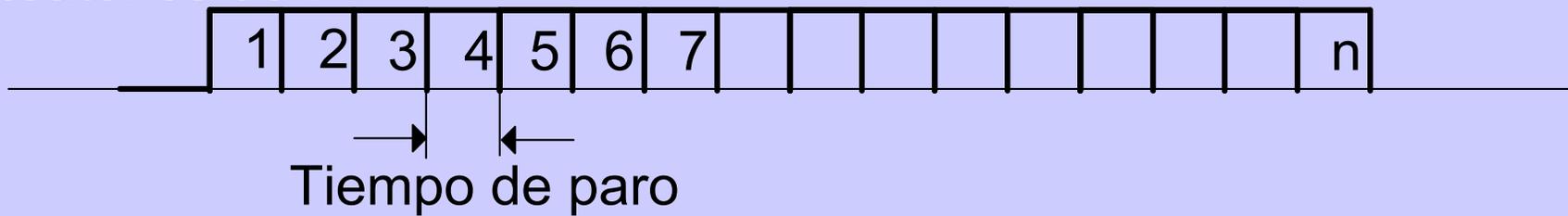


Datos y temporizado aleatorio para FHSS

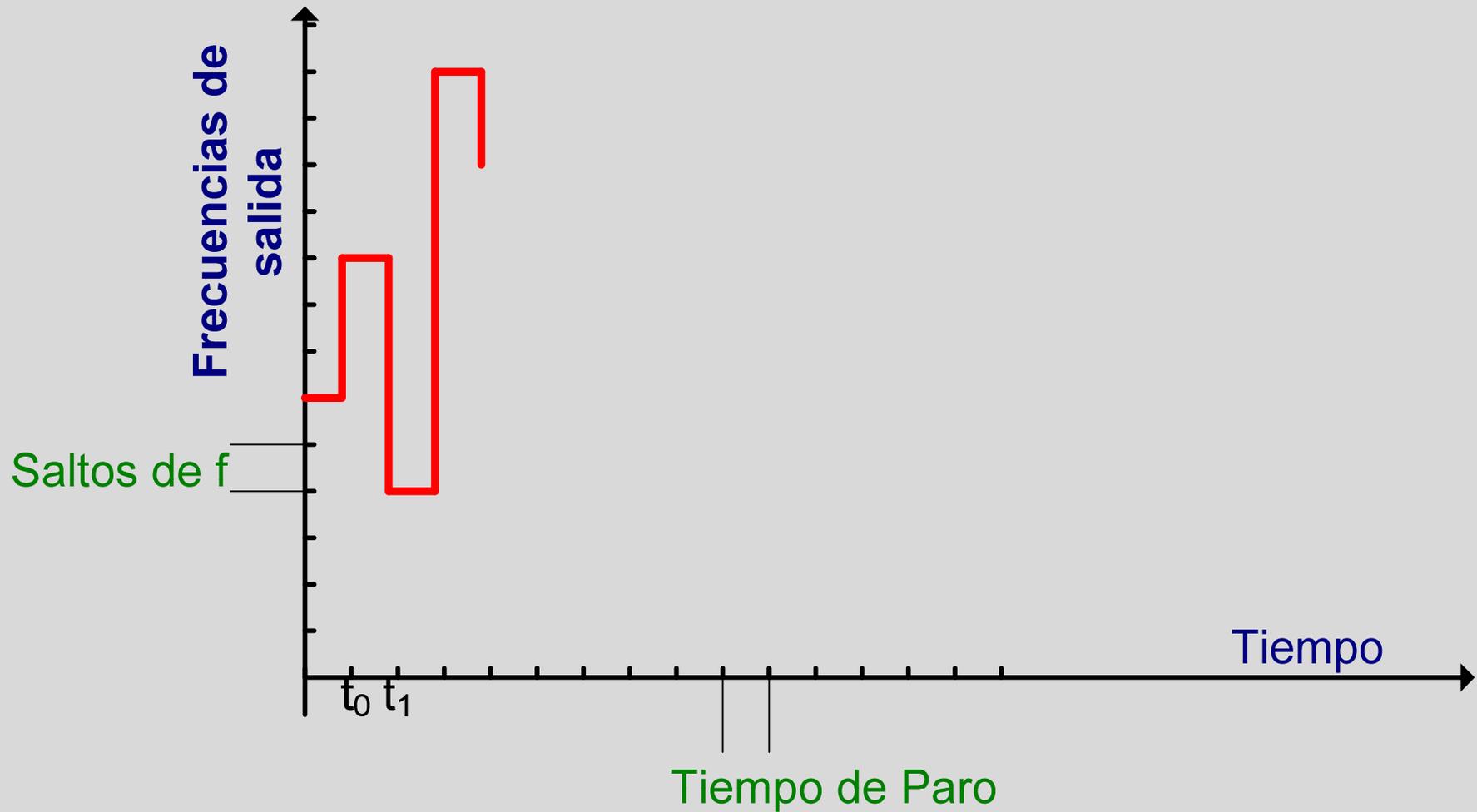
Datos binarios
de información



Tiempos seudo
aleatorios de f



Cambios “aleatorios” de frecuencia para FHSS



Comportamiento de la señal SSFH en un receptor convencional

- El hecho de que la señal no permanezca mucho tiempo en la misma frecuencia hace que no interfiera con las señales de receptores tradicionales.
 - No siempre puede ser recibida la señal en un receptor convencional por una cuestión de falta de ancho de banda del mismo.
-
- La señal SS se la puede considerar casi tan segura como una señal codificada frente a las prestaciones de receptores normales
 - ¿Que pasa con una señal SSFH cuando está presente otro transmisor operando en la misma banda?
 - Si tienen distintos códigos pseudoaleatorios los equipos no se interfieren entre sí.
 - El concepto anterior hace que podamos decir que este también es un sistema de multiplexado en el que se lo definen la variedad de los códigos.
 - SS permite usar el mayor número de señales en una banda predeterminada comparado con otros tipos de modulación.

Receptor de FHSS

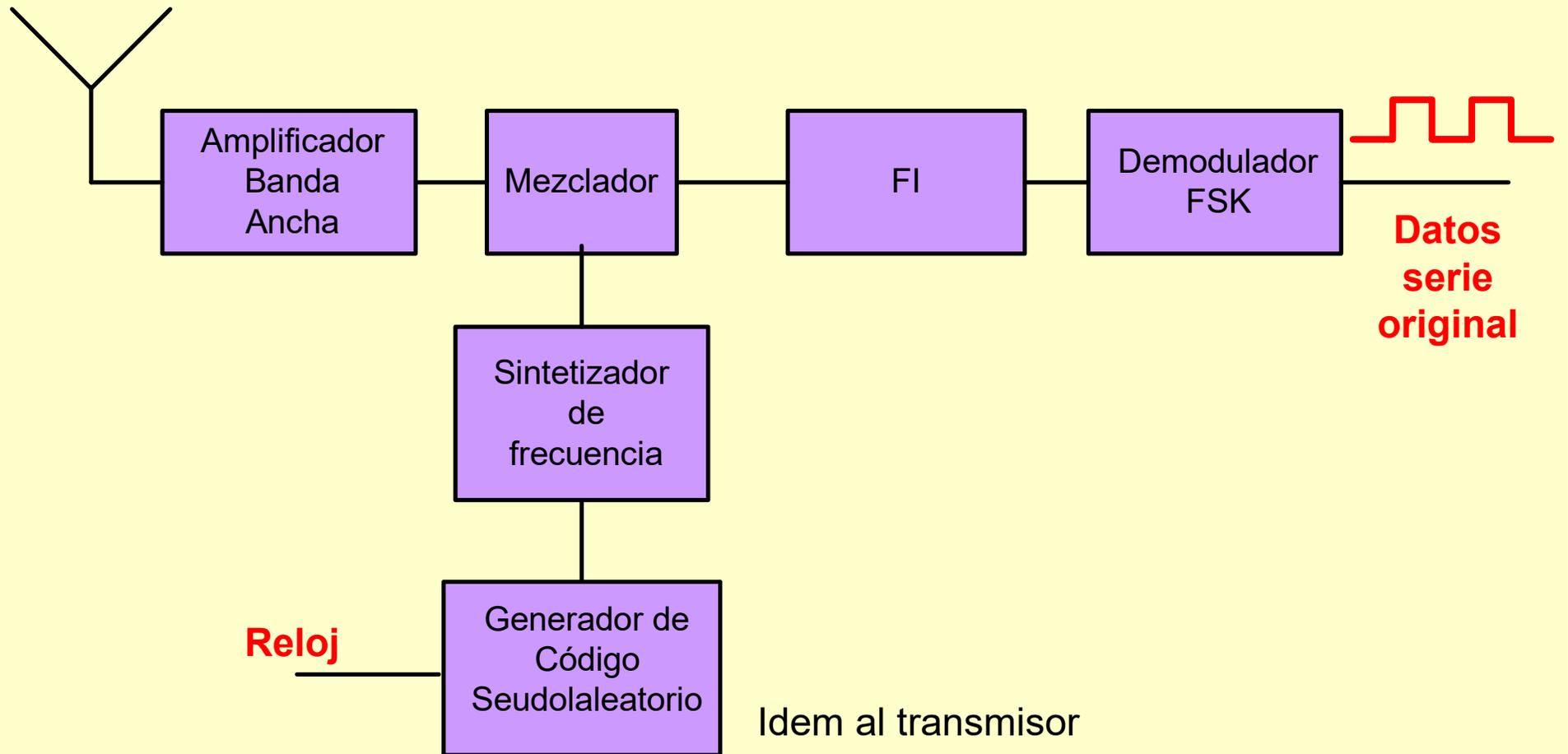
El Receptor está compuesto por:

- Un amplificador de banda ancha
- Mezclador convencional
- Oscilador local sintetizado similar al utilizado en el transmisor.
- Amplificador de FI donde ya está reconstruida la señal de FSK

El componente mas importante del equipo es el destinado a sincronizar las señales pseudoaleatorias. Para este propósito se utiliza un sistema de preámbulos en el inicio de la transmisión.

18 Cuando ya se sincronizó las secuencias se repiten y la comunicación resulta muy confiable.

Receptor de FHSS



Receptor de FHSS

Ejemplo de FHSS son las comunicaciones Bluetooth (1998) que operan en 2,45GHz, con 1600 saltos de frecuencia por segundo. Además de los datos pueden manejar 3 canales de voz a 64 kbs.

Cada dispositivo tiene una dirección única de 48 bits basada en el estándar de la IEEE 802.11 para redes de área local inalámbricas, que le permite formar temporalmente parte de una piconet.

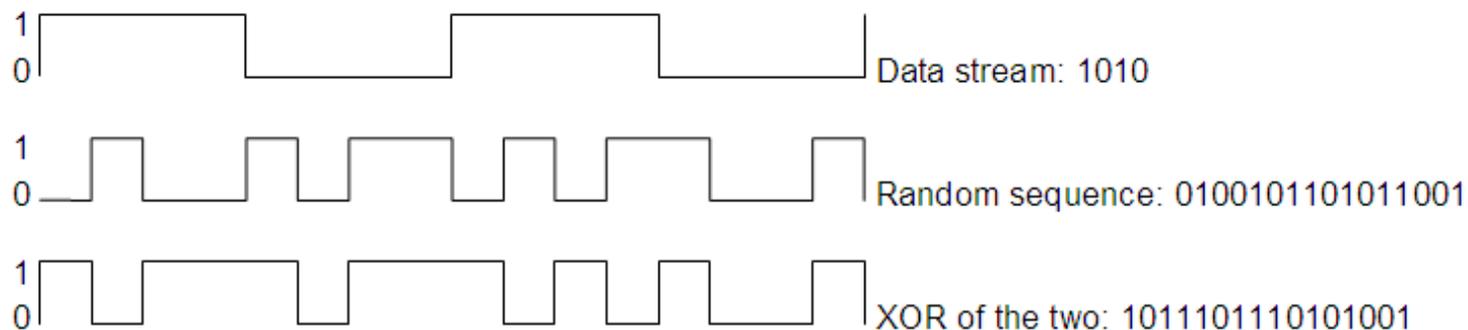
Las conexiones son uno a uno, con un rango máximo de 10 metros, aunque mediante el uso de repetidores se puede lograr un alcance de hasta 100 metros con algo de distorsión.

Espectro Expandido por secuencia directa (DSSS)

- En el caso de DSSS, la información es modulada con una secuencia pseudoaleatoria de 1 y -1, que se asemeja al ruido.
- Se obtiene al mmultiplicar la señal original por la secuencia elegida, de modo que cada bit de información está compuesto por símbolos de menor duración, llamados chirps, y la tasa de transferencia de chirps resultante es mucho mayor que la de transferencia de bits.
- De esta manera, la energía de la señal de información se distribuye a lo ancho de un espectro mucho mayor que el original.
- La señal resultante se asemeja mucho a ruido blanco.
- El transmisor y el receptor deben conocer la cadena utilizada para realizar la modulación, ya que esta misma cadena se utiliza para lograr la demodulación de la información, multiplicando la señal recibida por la secuencia pseudo-aleatoria.
- Al hacer esto, se recuperan los bits originales, a la vez que se disminuye notoriamente la potencia de ruido y de otras señales moduladas con otras secuencias.

Espectro Expandido por secuencia directa (DSSS)

- *DSSS* se basa en desplazar la fase de una portadora mediante una secuencia de bits muy rápida, diseñadas de forma que aparezcan aproximadamente el mismo número de ceros que de unos.
- La secuencia de bits utilizada para modular los bits se conoce como secuencia de Barker (también llamado código de dispersión o PseudoNoise). Es una secuencia rápida diseñada para que aparezca aproximadamente la misma cantidad de 1 que de 0. Un ejemplo de esta secuencia es el siguiente. +1-1+1+1-1+1+1+1-1-1-1-1 Tan sólo aquellos receptores a los que el emisor envíe dicho código podrán recomponer la señal original, filtrando señales indeseables, previa sincronización. Aquellas que no sepan el código creerán que se trata de ruido. A cada bit de código se le denomina chip.
- **El IEEE 802.11** establece una secuencia de 11 chips, siendo 100 el óptimo.



Espectro expandido por secuencia directa (DSSS)

Una analogía comúnmente utilizada para entender el Espectro Expandido es la de una serie de trenes saliendo de una estación al mismo tiempo. La carga que deben llevar los trenes, se distribuye relativamente igual entre los trenes.

Al llegar al destino, la carga es sacada de cada tren y es cotejada.

Las duplicaciones de datos son comunes en el Espectro Expandido de modo que cuando los datos llegan demasiado dañados, o falla el envío, la redundancia inherente a esta tecnología proporciona la capacidad de interpretar el mensaje.



Con DSSS, todos los trenes salen en un orden que comienza con el tren 1 y terminando con el tren N.

En la arquitectura DSSS, los trenes salen siempre en el mismo orden, aunque el número de vías del ferrocarril puede estar en los cientos o incluso miles.

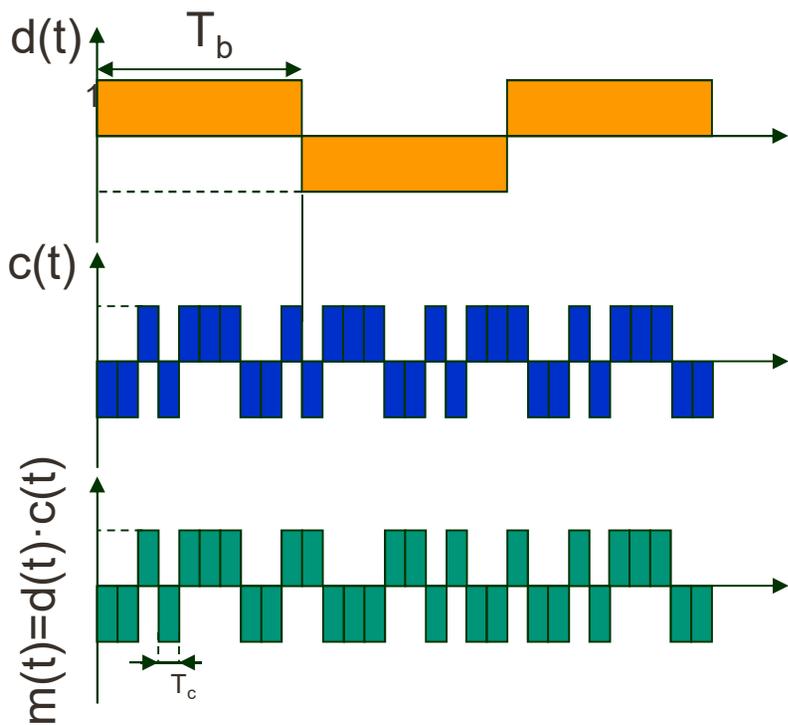
Señales en el transmisor de DSSS

En DSS, el flujo de la información a transmitir se divide en trozos pequeños, cada uno de los cuales se asigna a un canal de frecuencia en el espectro. Una señal de datos en el punto de transmisión es combinada con una secuencia de velocidad binaria de datos más alta (código de chipping) que divide los datos de acuerdo con el radio de difusión. El código chipping redundante ayuda a resistir la interferencia de la señal y también permite a los datos originales ser recuperados si los bits de datos están dañados durante la transmisión.

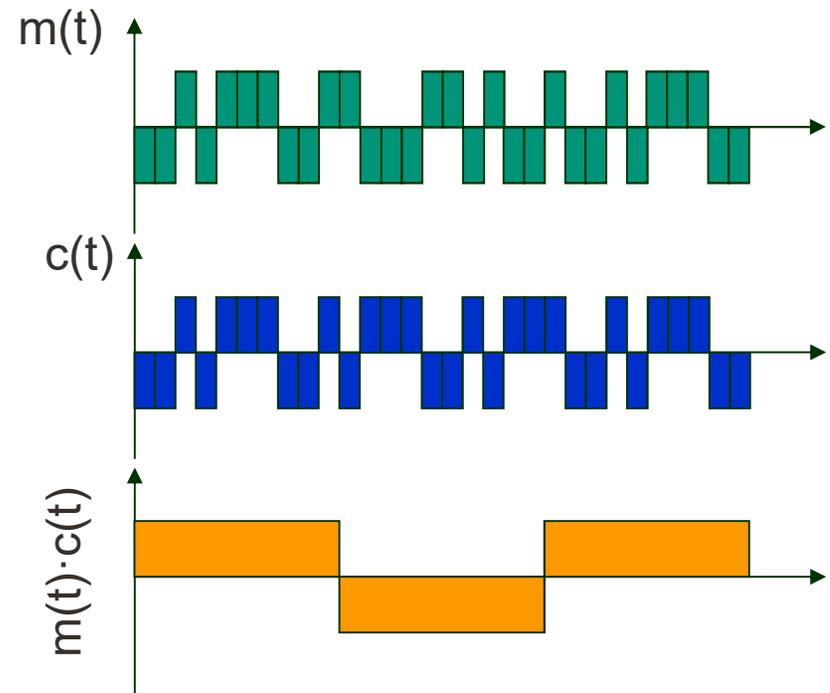
Para un receptor involuntario, DSSS aparece como el ruido de banda ancha de bajo consumo y es ignorado por la mayoría de receptores de banda estrecha.

Espectro expandido por secuencia directa (DSSS)

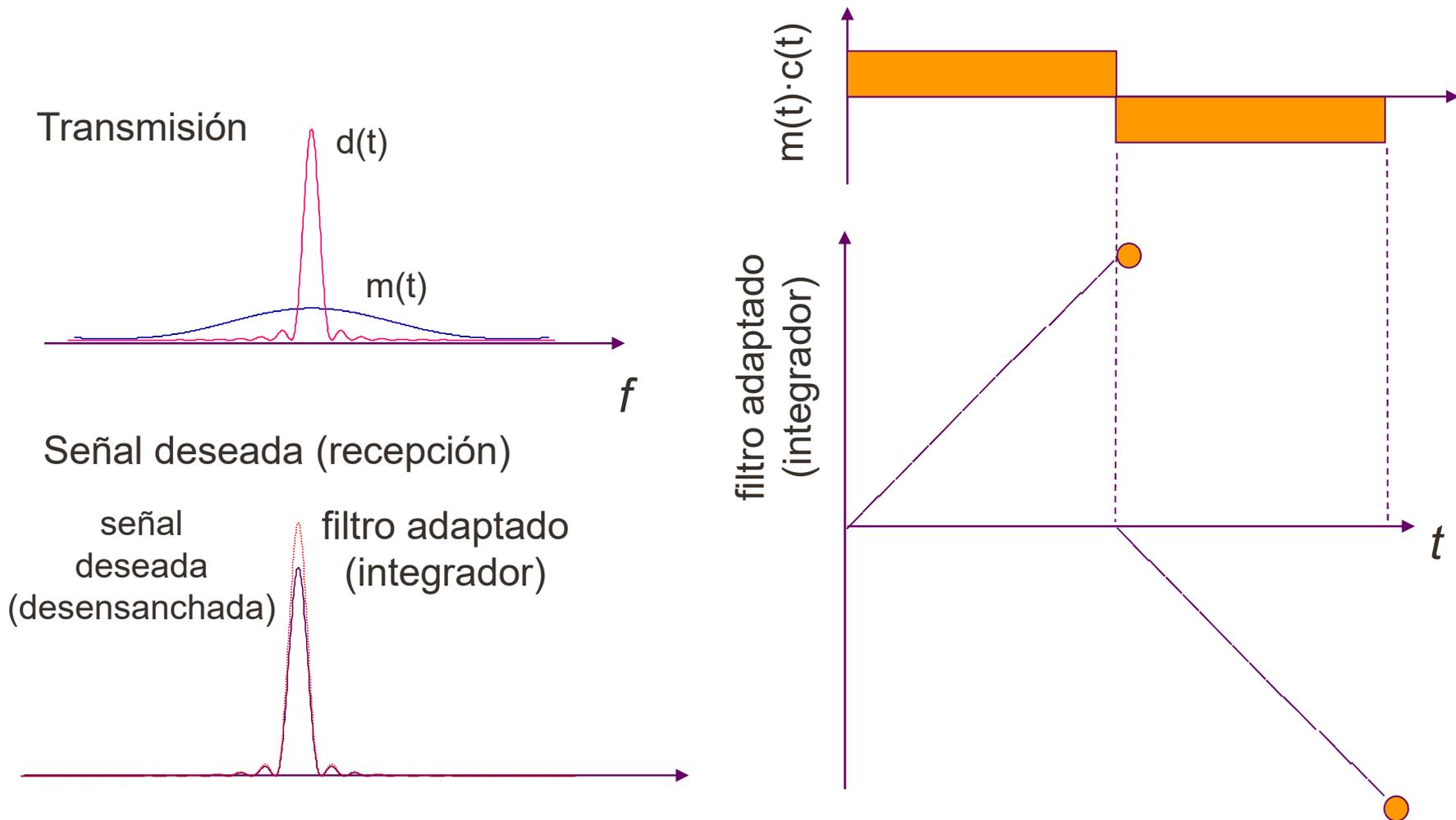
Ensanchamiento (transmisión)



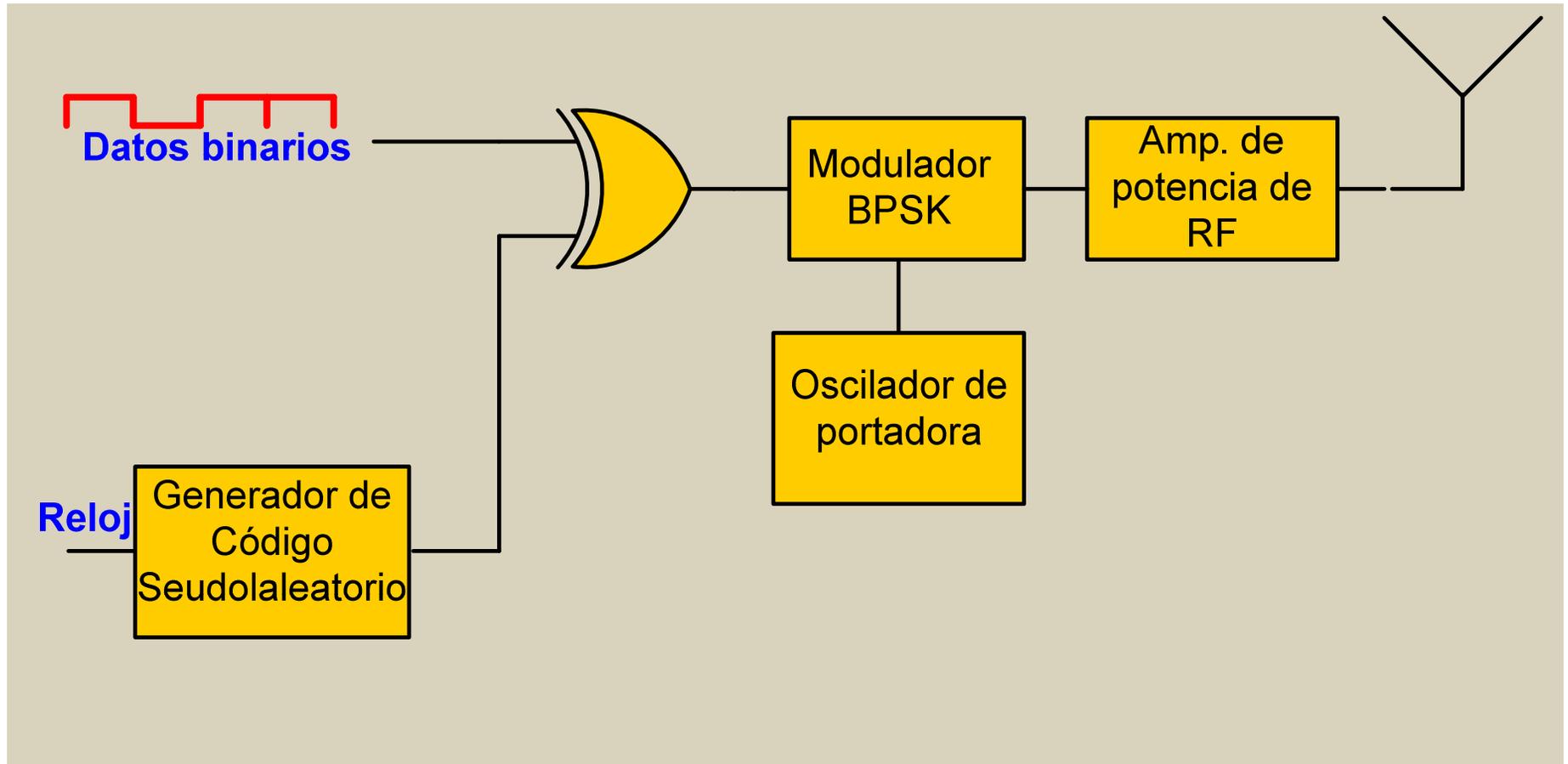
Desensanchamiento (recepción)



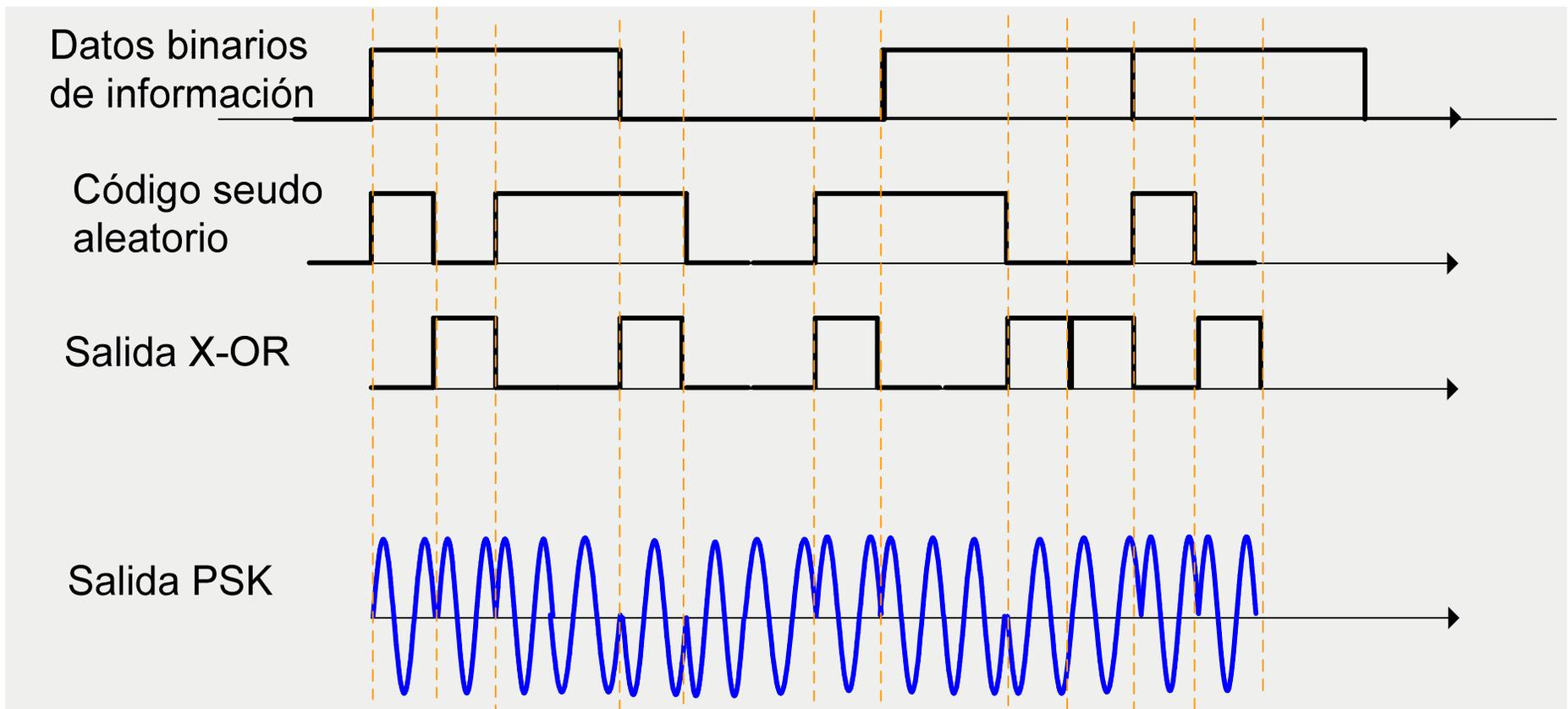
Espectro expandido por secuencia directa (DSSS)



Transmisor de DSSS



Señales en el transmisor de DSSS



Señales en el transmisor de DSSS

Recientemente el IEEE ha revisado este estándar, y en esta revisión, conocida como 802.11b, además de otras mejoras en seguridad, aumenta esta velocidad hasta los 11Mbps, lo que incrementa notablemente el rendimiento de este tipo de redes. En el caso de Estados Unidos y Europa la tecnología DSSS utiliza un rango de frecuencias que va desde los 2,4 GHz hasta los 2,4835 GHz, lo que permite tener un ancho de banda total de 83,5 MHz. Este ancho de banda se subdivide en canales de 5 MHz, lo que hace un total de 14 canales independientes. Cada país está autorizado a utilizar un subconjunto de estos canales. En el caso de España se utilizan los canales entre 1 y 11, preferentemente los canales 1,6 y 11 para evitar interferencias. En conexiones domésticas, teóricamente, sólo se puede utilizar el canal 6.

Ventajas de la modulación SS

- **Seguridad:**

Previene la información de receptores no autorizados

- **Resistencia a interferencias:**

Se evitan por que las mismas se encuentran en una determinada frecuencia.

- **Posibilidad de compartir banda:**

Por muchos usuarios con mínima interferencia. Uso muy eficiente de la banda.

- **Temporizado preciso:**

Código pseudoaleatorio permite determinar con precisión el inicio y final de la comunicación. Muy útil en aplicaciones de radar .

- **Reducción de densidad espectral**

Aplicaciones

Entre las aplicaciones más difundidas de esta tecnología se encuentran:

Teléfonos inalámbricos

Telefonía celular

Redes de datos

Comunicaciones satelitales