



IC 323 -Comunicación de Datos

Unidad N°6: Teoría de la Información y Codificación

Espectro Expandido y CDMA



Sistema de Espectro Ensanchado o expandido

- Hasta ahora se centró el análisis en eficiencias de ancho de banda y de energía (SNR), o la probabilidad de error.
- Otras consideraciones pueden ser:
 - **Capacidad de acceso múltiple**
 - **Capacidad antibloqueo**
 - **Rechazo de interferencia**
 - **Operación secreta (baja probabilidad de interceptación)**

Estos objetivos de rendimiento pueden optimizarse mediante técnicas de espectro ensanchado (o expandido).



Sistema de Espectro Expandido

- La capacidad de acceso múltiple se requiere en telefonía celular y de comunicación personal (se comparte una banda de frecuencias)
- Se utiliza la técnica de acceso múltiple por división de código (CDMA)
- Existen muchos tipos de sistemas de espectro ensanchado (SS), pero todos satisfacen dos criterios:
 - 1- El ancho de banda de la señal transmitida $s(t)$ debe ser mucho mayor que el del mensaje $m(t)$.
 - 2- El ancho de banda relativamente ancho de $s(t)$ debe ser causa de una forma de onda moduladora independiente $c(t)$ llamada señal ensanchadora y el receptor debe conocer esta señal para detectar el mensaje $m(t)$



Sistema de Espectro Expandido

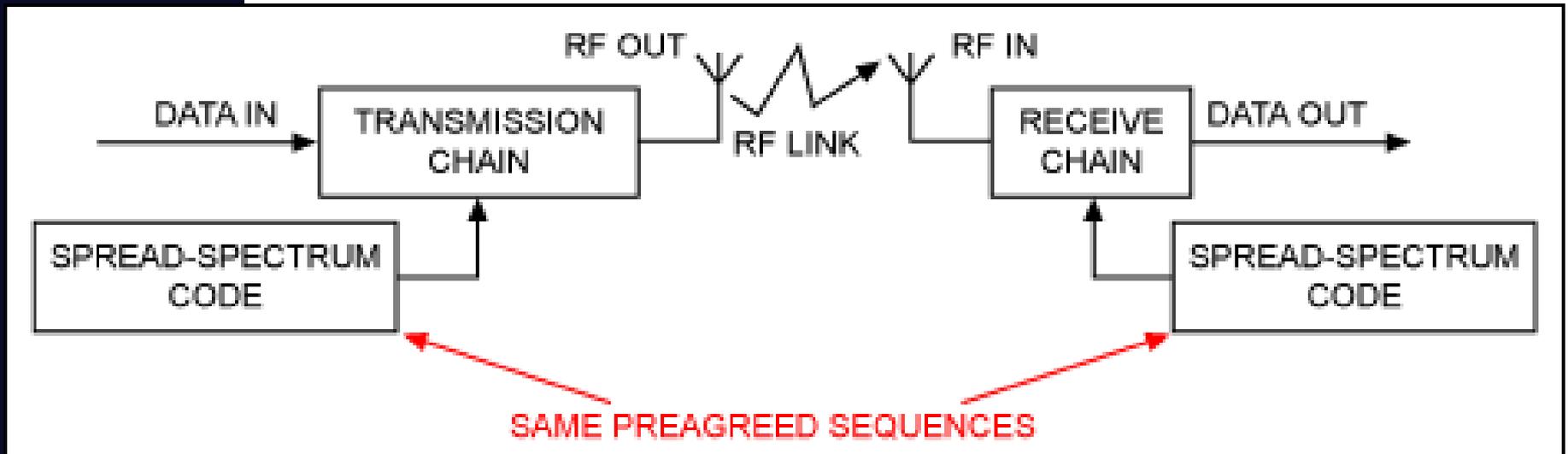
• Aplicaciones típicas incluyen:

- **Sistemas de posicionamiento satelital (GPS)**
- **Comunicación móvil en 3G (en 4G se dejó de usar)**
- **W-LAN (IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g)**
- **Bluetooth (FHSS)**



Sistema de Espectro Expandido

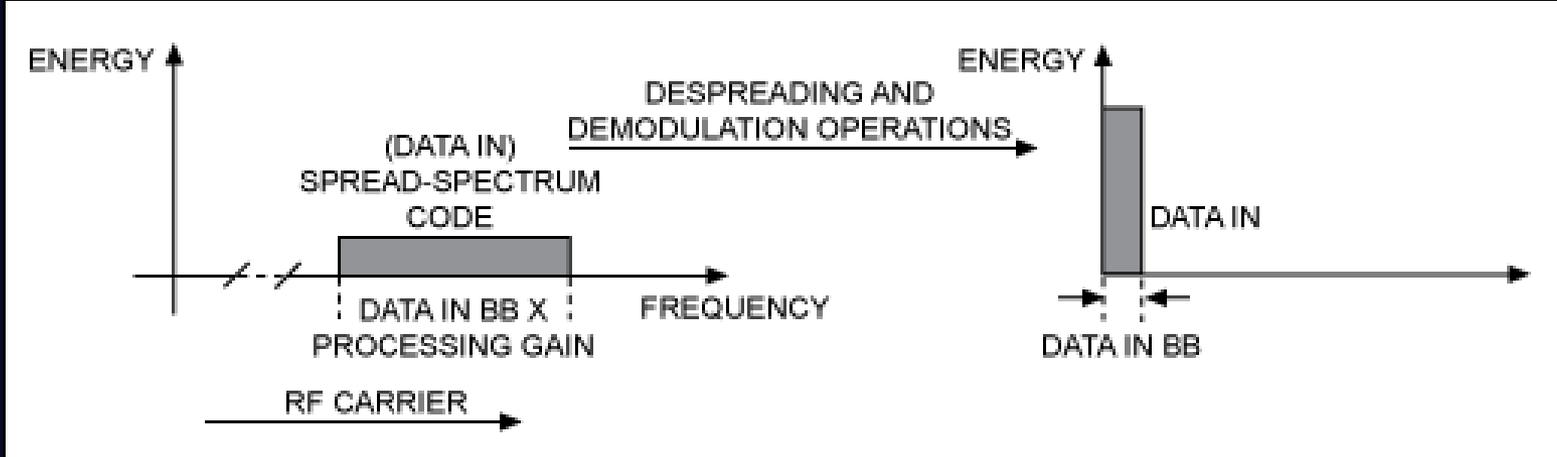
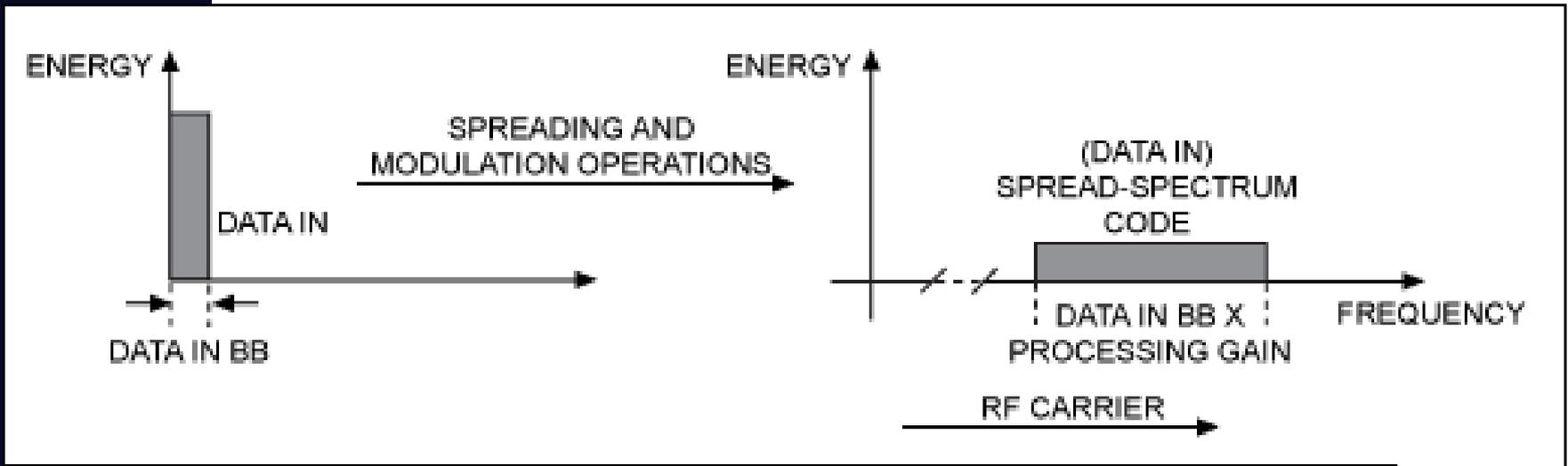
- Sistema de espectro ensanchado: se inyecta un código expansor en algún lugar de la etapa de transmisión, antes de la antena
- Este código debe ser conocido por el receptor





Sistema de Espectro Expandido

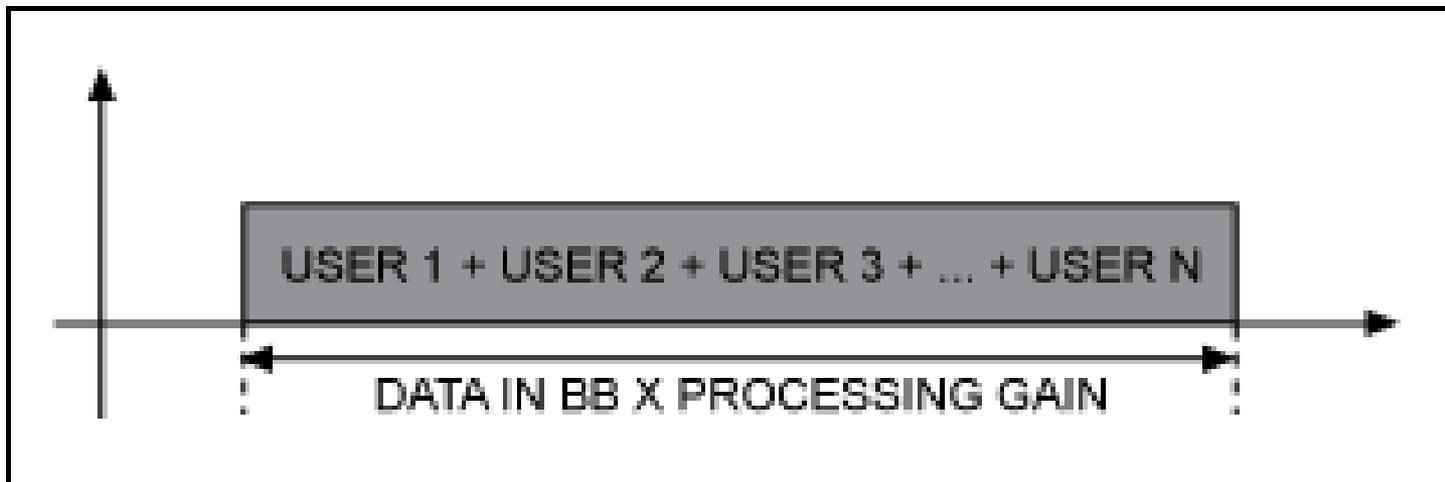
- Operación spreading de la energía de la señal sobre un mayor ancho de banda:





Sistema de Espectro Expandido

- La relación (en dB) entre el spread baseband y la señal original es llamada ganancia de procesamiento
- Típicamente oscila entre 10dB a 60 dB
- El ensanchamiento del espectro es compensado con la posibilidad de compartir el espacio con varios usuarios



- Se trata de una tecnología de banda ancha (en contraposición con banda estrecha)



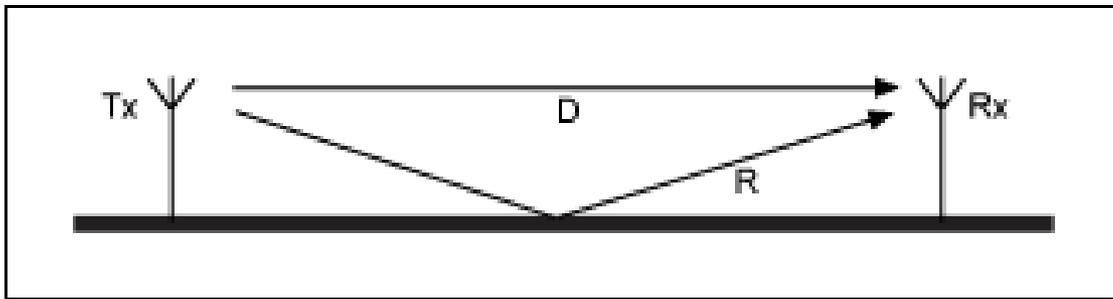
Sistema de Espectro Expandido: Beneficios

- Resistencia a interferencias y antijamming effects: prácticamente se puede ignorar la interferencia de banda estrecha o banda larga (si esta no incluye la llave para la operación de despreading).
- Resistencia a la interceptación: receptores no autorizados no tienen la llave para decodificar la señal. Incluso los niveles de señal pueden estar por debajo del nivel de ruido (el mensaje es invisible, solo se registra un ligero aumento en el nivel general de ruido)
- Resistencia al desvanecimiento (efecto multicamino): los canales inalámbricos frecuentemente incluyen propagación por múltiples caminos (reflecciones atmosféricas, en el suelo, edificios, etc.)



Sistema de Espectro Expandido: Beneficios

- Resistencia al desvanecimiento (efecto multicamino):



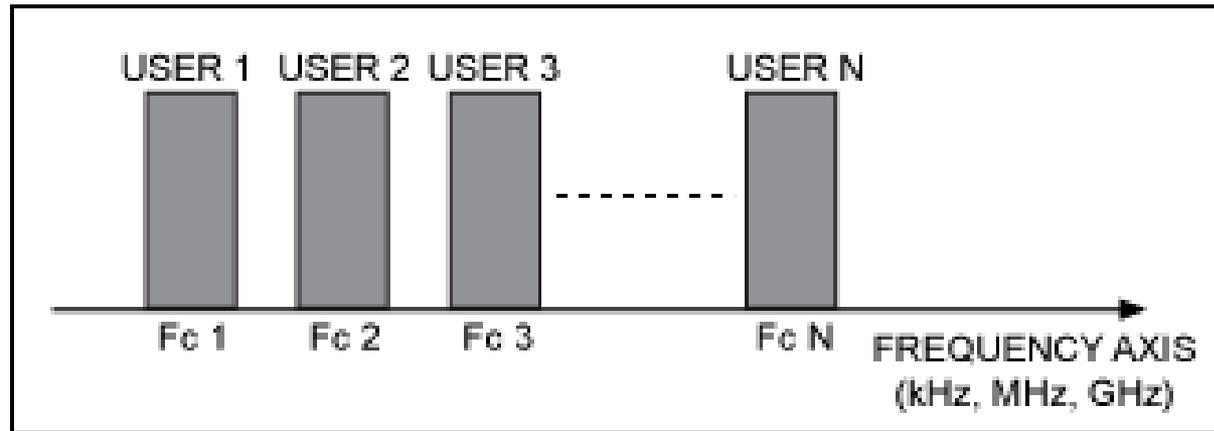
el camino reflejado puede interferir con el directo. Como el proceso de desprecoding sincroniza la señal D, R es rechazado, a pesar de tener la misma llave.

- Permite CDMA (acceso múltiple por división de código)

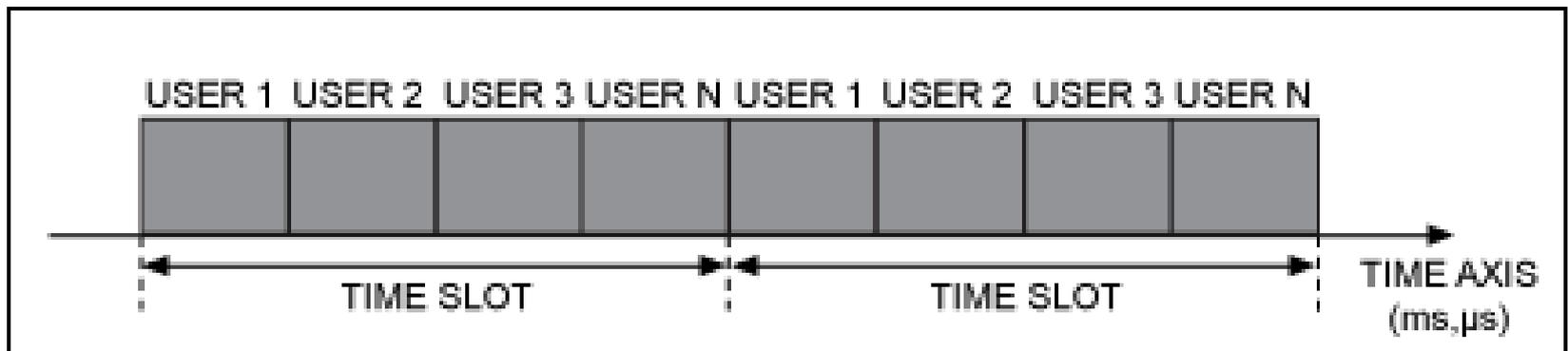


Métodos de múltiple acceso

- FDMA (múltiple acceso por división de frecuencia)



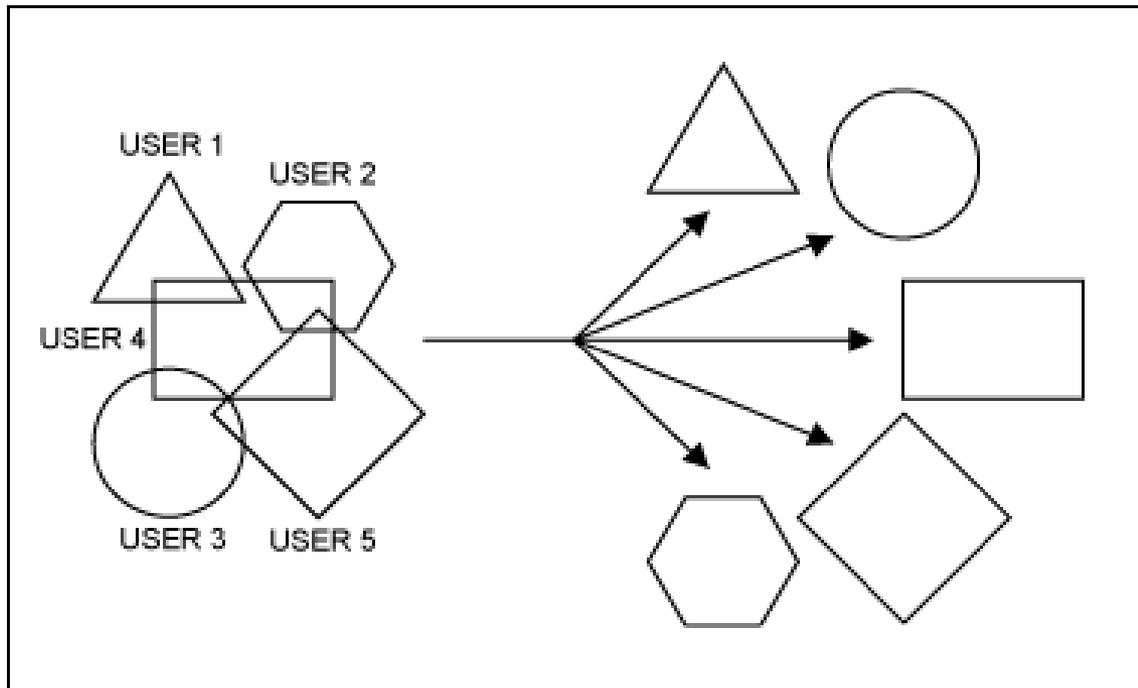
- TDMA (acceso múltiple por división de tiempo)





Métodos de múltiple acceso

- CDMA (múltiple acceso por división de código)



Es posible combinar los métodos de acceso (por ejemplo, GSM combina TDMA con FDMA)



Espectro Expandido y llaves de codificación y decodificación

- Los códigos son secuencias digitales que deben ser tan largas como sea posible y lo más parecidas a ruido (cuasialeatorio).
- Debe respetar ciertas reglas, como longitud, autocorrelation, correlation cruzada, ortogonalidad, y balance de bits
- Las secuencias más comunes llevan nombres como: Barker, M-Sequence, Gold, Hadamard-Walsh, etc.
- Un conjunto de secuencias más complejo provee un link más robusto. Pero el costo es mayor complejidad de la electrónica.



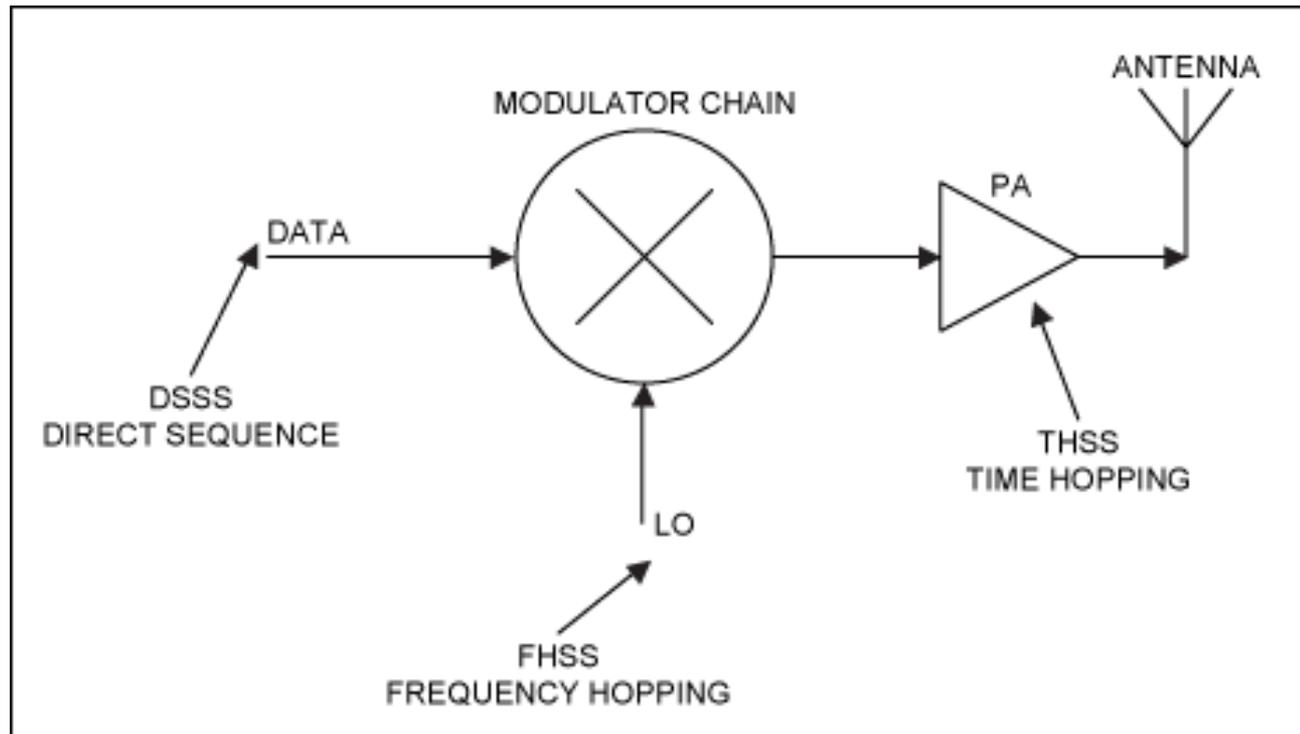
Espectro Expandido: Estrategias de modulación

- Diferentes técnicas de espectro expandido pueden ser diferenciadas dependiendo del punto en el sistema donde se inserta el código o llave en el canal de comunicación.
- Pero, se destacan dos:
 - **Direct-Sequence Spread Spectrum (DSSS)**
 - **Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS)**



Espectro Expandido: Estrategias de modulación

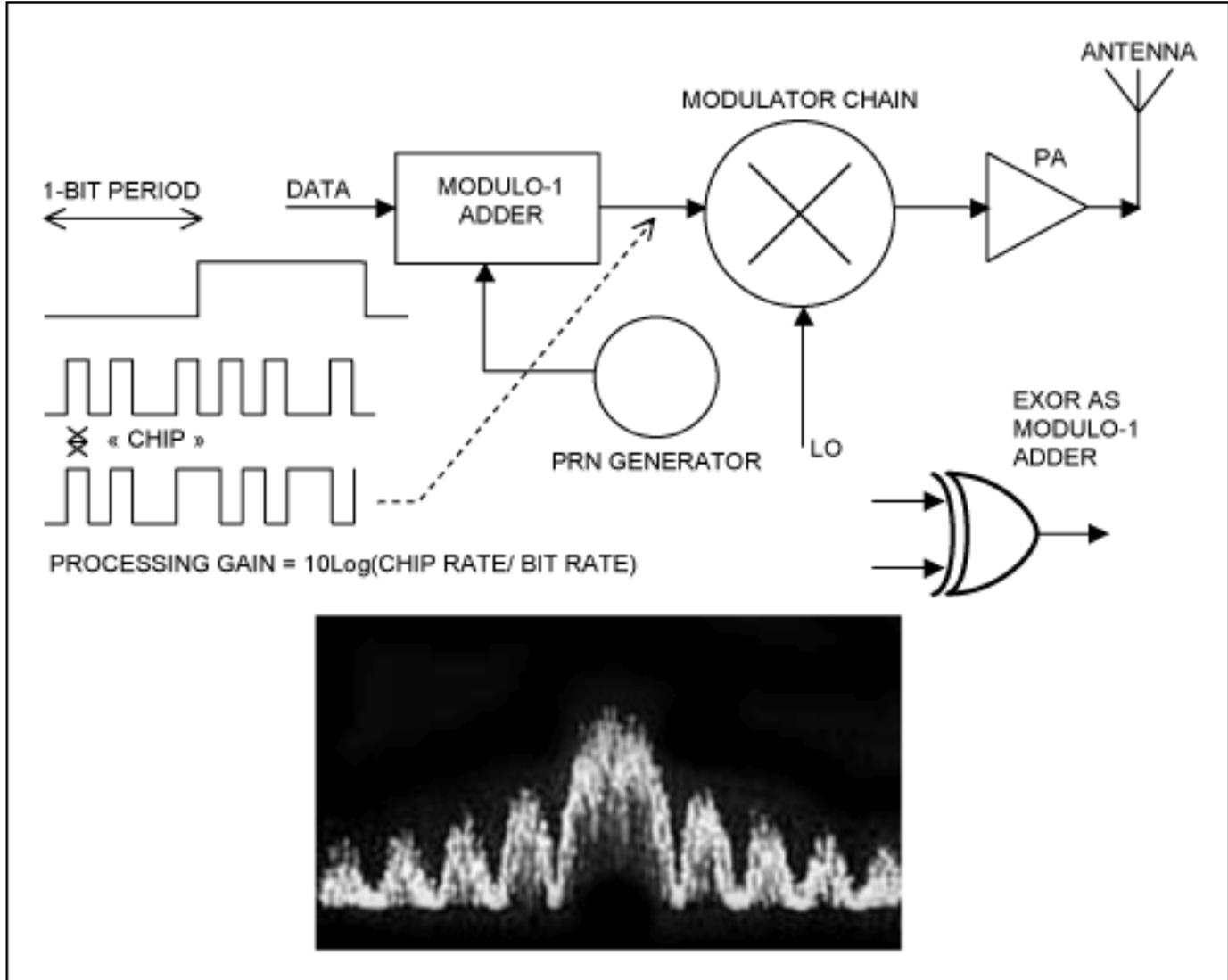
- Si se inserta a nivel de datos, se trata de Direct-Sequence Spread Spectrum (DSSS)
- Si actúa al nivel de portadora, es Frequency-hopping spread spectrum (FHSS)





Métodos de múltiple acceso

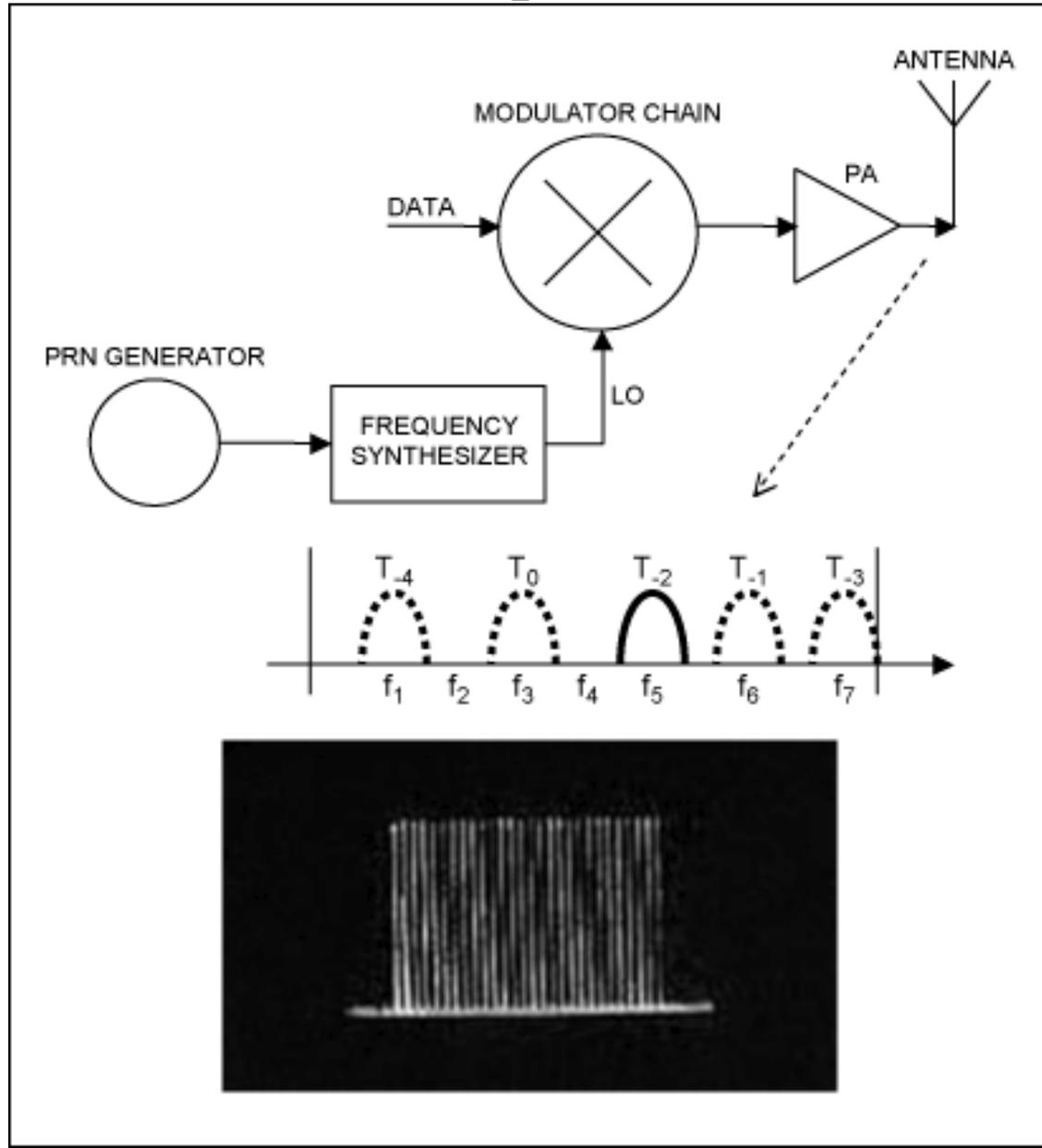
- Direct-sequence spread spectrum (DSSS)





Métodos de múltiple acceso

- Frequency-hopping spread spectrum (FHSS)





Sistema de Espectro Expandido

- La señal de espectro expandido es:

$$s(t) = \text{Re}\{g(t)e^{j\omega_c t}\}$$

- Donde la envolvente compleja es una función tanto de $m(t)$ como de $c(t)$.
- En la mayoría de los casos se utiliza una función producto

$$g(t) = g_m(t)g_c(t)$$

cada una está en función de la envolvente compleja con los tipos comunes de modulación que genera AM, PM, FM y así sucesivamente.



Sistema de Espectro Expandido

- Las señales SS se clasifican por el tipo de funciones de mapeo que se emplean para $g_c(t)$:
 - **Secuencia directa (DS).** Se utiliza el tipo **DSB-SC** de modulación ensanchadora
$$g_c(t) = c(t) \quad (\text{con forma de onda polar NRZ})$$
 - **Salto de frecuencia (FH)** $g_c(t)$ es del tipo **FM** existen $M = 2^k$ frecuencias de salto que se determinan por las palabras de k bits que se obtienen de la forma de onda de código ensanchador $c(t)$
 - **Técnicas híbridas** que incluyen tanto **DS** como **FH**



Sistema de Espectro Expandido: Secuencia Directa

Suponiendo que la señal de información $m(t)$ proviene de una fuente digital y es una forma de onda polar con valores ± 1 .