

INTRODUCCION.

Uno de los puntos más importantes en un sistema de comunicaciones es la forma en cómo se accesa al medio de comunicación, por ello es necesario hacer uso de técnicas de acceso múltiple. Múltiple hace referencia a que muchos usuarios pueden establecer una comunicación simultáneamente, es decir una gran cantidad de subscriptores comparten un conjunto de canales de radio y cualquier usuario podrá acceder a cualquiera de los canales disponibles esto dependiendo de la técnica de acceso múltiple utilizada.

Una técnica de acceso múltiple define cómo se utiliza el espectro de frecuencias para crear y asignar los canales a los múltiples usuarios en el sistema.

Las siguientes son las principales técnicas de acceso múltiple:

- FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia).
- TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo).
- CDMA (Acceso Múltiple por División de Códigos)
- OFDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencias Ortogonales).

Acceso Múltiple por División de Frecuencias (FDMA).

En FDMA el ancho de banda del sistema de comunicación es dividido en bandas de frecuencia menores con una separación suficiente entre ellas (guarda banda) para evitar interferencia entre canales adyacentes.

En FDMA a cada usuario le es asignada una banda de frecuencia en particular, de manera tal que un usuario puede utilizar un canal de transmisión todo el tiempo. Sin embargo esa banda de frecuencia es desperdiciada mientras el usuario no transmite información.

Por otra parte esta técnica de acceso múltiple no requiere que los usuarios sean sincronizados para poder disponer de un canal.

La figura 2.1 muestra como un ancho de banda es dividido entre N usuarios, cada uno de ellos con un ancho de banda fijo y entre ellos hay una separación de guarda banda para evitar traslapes.

Fig. 1 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)

Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA).

En TDMA múltiples usuarios van a realizar una transmisión utilizando la misma portadora pero esta portadora va a ser “prestada” entre diferentes usuarios durante intervalos específicos de tiempo, es decir el tiempo es dividido en intervalos de igual duración denominados time slots, y cada uno de ellos a su vez es dividido en N partes (cada una de estas divisiones corresponde a un usuario). Un usuario en particular sólo puede transmitir durante el intervalo de tiempo que le corresponde en cada time slot. Este proceso es tan rápido que parece a que un usuario utiliza dicha portadora todo el tiempo y no sólo por intervalos. Otro punto importante a considerar es que durante las ranuras de tiempo que le corresponden a un usuario, éste dispone de todo el ancho de banda del canal.

En TDMA es necesario considerar guarda tiempos para evitar traslape de información. El mayor

inconveniente de TDMA es que es necesaria la sincronización de todos los usuarios para evitar interferencia, siendo por eso su implementación más

compleja.

Fig. 2 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)

Acceso Múltiple por División de Frecuencias Ortogonales (OFDMA).

OFDMA es una técnica basada en la modulación multiportadora (Multi Carrier Modulation MCM) y acceso múltiple por división de frecuencia. La idea básica de la modulación multiportadora es dividir una señal de banda ancha en subportadoras paralelas sin que estas se traslapen.

Fig. 3 Multiplexado por División de Frecuencia (FDMA).

Sin embargo en OFDMA puede darse ese traslape sin afectar la información a enviar ya que las subportadoras en OFDMA son matemáticamente ortogonales, es decir que el valor promedio a través del tiempo de la multiplicación de dos señales da como resultado cero, de esta manera la información enviada puede ser extraída individualmente sin importar el traslape entre las subportadoras. De esta forma se ayuda a reducir la interferencia causada por portadoras vecinas y resultando ser más eficiente el uso del espectro de un sistema que use OFDMA.

Fig.4 Multiplexado por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM)

Orthogonal Frequency Multiple Access (OFDMA) permite que varias subportadoras sean asignadas a diferentes usuarios, así— por ejemplo las subportadoras 1, 3 y 7 pueden ser asignadas al usuario 1 y las subportadoras 2, 5 y 9 al usuario 2. Estos grupos de subportadoras son conocidas como subcanales.

OFDMA es similar a FDMA pero mucho más eficiente espectralmente debido a que el espaciamiento entre subportadoras es reducido, incluso traslapado sin que esto represente pérdida de información.

En un sistema que use OFDMA el transmisor y receptor deben de estar sincronizados, esto significa que ambos deben de contar con la misma frecuencia de modulación y la misma escala de tiempo para llevar a cabo la transmisión y poder recuperar la información sin confundirla con la de algún otro usuario.

Acceso Múltiple por División de Códigos (CDMA).

CDMA es una técnica que no lleva a cabo su acceso múltiple mediante una división de las transmisiones de los diferentes usuarios en frecuencia o tiempo, en lugar de eso hace una división asignando a cada usuario un código diferente, de esta manera es posible que múltiples usuarios puedan transmitir de manera simultánea sobre el mismo canal. En este tipo de comunicación digital cada usuario tiene un código pseudo aleatorio el cual es usado para transformar la señal de un usuario en una señal de banda ancha mediante la técnica Spread Spectrum (Espectro Extendido). Si el receptor recibe múltiples señales de banda ancha se usará el código asignado a un usuario en particular para transformar la señal de banda ancha recibida de ese usuario y recuperar la información original. Durante este proceso de recuperación de la información, la potencia de la señal deseada es comprimida dentro del ancho de banda original, mientras las otras señales de banda ancha del resto de los usuarios aparecen como ruido ante la señal deseada.

Una ventaja al ser usado CDMA es la cantidad de usuarios que pueden ser acomodados si cada uno transmite mensajes durante un corto periodo de tiempo. En CDMA múltiples usuarios pueden transmitir al mismo

tiempo y con la misma portadora distinguiendo un usuario de otro utilizando un código para cada uno de ellos. En la figura 5 se representan cinco usuarios traslapados, sin embargo con CDMA se logra separar y recuperar la información de cada uno sin afectar a los demás usuarios, esto conociendo el código que le corresponde a cada uno de ellos tanto en el transmisor como en el receptor.

Fig. 5 Acceso Múltiple por División de Códigos (CDMA)

Si las funciones de código pseudo aleatorio tienen una correlación de cero son llamadas ortogonales. De esta forma una señal deseada se puede recuperar perfectamente si se cuenta con el código.

A continuación se menciona algunas ventajas que presenta el uso de CDMA.

- Mayor capacidad. La tecnología CDMA permite que un mayor número de usuarios compartan las mismas frecuencias de radio con el uso de la tecnología de espectro extendido.
- Seguridad y privacidad. Es muy difícil capturar y descifrar una señal.
- Control de nivel de potencia. Esto mediante procesamiento de señales y de corrección de errores.
- Mayor cobertura. Al haber un control en el nivel de potencia, es posible proveer de una mayor cobertura usando sistemas CDMA.
- Reducción del ruido e interferencia. Al hacer uso CDMA de códigos pseudo aleatorios es posible aumentar la potencia de las señales sin que éstas se interfieran.

Concepto de Spread Spectrum (Espectro Extendido).

Al desarrollar sistemas de comunicación digital siempre se debe de tratar de emplear el ancho de banda del canal de comunicación disponible en forma óptima y con la menor potencia posible para proveer servicios de comunicación con calidad. Para lograr dicho objetivo se debe de tomar en cuenta la inmunidad ante interferencias y confidencialidad en las comunicaciones, siendo estos aspectos atacados mediante la técnica conocida como Spread Spectrum Modulation (modulación de espectro extendido), la cual es requerida para poder llevar a cabo acceso múltiple por división de códigos.

La mayor ventaja de la modulación de espectro ensanchado es la alta inmunidad que se obtiene frente a interferencias de usuarios que emplean el mismo canal o frente a interferencias intencionales por parte de alguien que desea bloquear una comunicación en curso.

El “esparcimiento de espectro” consiste en distribuir la potencia de una señal en un ancho de banda mayor al de la información. Dicho esparcimiento se lleva a cabo al serle agregada a la señal de información un código pseudo aleatorio con una velocidad de transmisión mayor. De esta manera se obtiene una señal con una densidad de potencia comparable al ruido, requiriendo un ancho de banda amplio en relación con la información en banda base, mientras que la cantidad de energía total de la señal de información en banda base debe de ser la misma que la señal Spread Spectrum.

Fig. 6 Principio Espectro Extendido

Para la recuperación de la información de una determinada señal “Spread Spectrum” el receptor debe de contar con el código que le fue agregado para que al serle retirado se obtenga la información en banda base. De esta manera el usuario que cuenta con una señal local que sea réplica de la señal de código de transmisión y con la sincronización correcta lograr recuperar la información. A dicho procedimiento se le denomina despreading.

La figura 7 muestra el diagrama a bloques de un sistema de comunicación Spread Spectrum, en el se muestra como la información entra a un codificador de canal que produce una señal analógica con un ancho de banda relativamente angosto alrededor de una frecuencia central. Esta señal es entonces modulada usando una secuencia de dígitos llamada código de ensanchamiento o secuencia de ensanchamiento, el cual es producido por un generador de pseudo ruido o un generador pseudo aleatorio. El efecto de esta modulación es incrementar significativamente el ancho de banda de la señal a transmitir. Por su parte en el receptor la misma secuencia de dígitos es usada para demodular la señal Spread Spectrum. Finalmente, la señal pasa a un decodificador de canal para recuperar la Información.

Fig. 7 Diagrama a Bloques de un Sistema de Comunicación Digital Spread Spectrum

Los códigos utilizados para llevar a cabo el ensanchamiento de las señales deben de tener una correlación cruzada (cross-correlation) baja entre ellos para poder recuperar sin dificultad la información y no confundirla con la de otros usuarios. Para evitar esta situación es necesario el uso de códigos ortogonales.

CDMA también recibe el nombre de Spread Spectrum Multiple Access (SSMA) o Direct Sequence CDMA (DS-SS).

Por otra parte un parámetro que debe ser considerado en los sistemas Spread Spectrum es la ganancia (GP), que es la razón en decibels del ancho de banda de transmisión (BWT) y el ancho de banda de la información (BWI).

El parámetro de ganancia es necesario para determinar el número de usuarios que en un sistema pueden ser permitidos; además debe ser también considerado el total de reducción por efecto multitrayectoria y la dificultad de detección de las señales. De esta forma al ser nuestra ganancia mayor nos permite que más usuarios utilicen la técnica de Spread Spectrum esto ante la poca

atenuación que le implica el resto de señales esparcidas en un canal.

El proceso de ganancia se refleja en la pérdida de amplitud de una señal durante el “ensanchamiento de la señal”, dependiendo de cuánto tanto sea esparcida la información. Sin embargo la cantidad de energía es la misma antes y después de llevar a cabo el ensanchamiento de una señal.

Características de Esparcir el Espectro.

Las características más importantes de los sistemas de modulación de espectro ensanchado son las siguientes [Ref. 5]:

- **Posibilidad de acceso múltiple:** Si múltiples usuarios al mismo tiempo transmiten una señal, el receptor será capaz de distinguir entre los diferentes usuarios cuál es la señal que debe de recuperar en base al código de la información, mientras que otras señales extendidas de otros usuarios serán vistas como ruido ante la señal deseada. En la Figura 8 se observan dos señales en banda base que son esparcidas al serle agregado un código pseudo aleatorio a cada una de ellas. En la parte superior de la Figura 2.8b se observa la señal de dos usuarios transmitiendo su señal extendida al mismo tiempo, mientras que en la parte inferior se muestra que la señal 1 fue recuperada al serle retirado el código pseudo aleatorio, mientras la señal 2 sigue esparcida con un nivel de potencia bajo sin causar problemas ante la recuperación de la señal 1.

Fig 8 Acceso Múltiple en Spread Spectrum [Ref. 5].

- **Baja probabilidad de ser interceptada:** Ante el ensanchamiento del espectro se hace difícil la recuperación de la información por parte de un receptor distinto al que va dirigido, ya que se genera

una señal con una densidad de potencia muy baja comparable con niveles de ruido.

Fig. 9 Baja Probabilidad de Intercepción en una Señal Spread Spectrum [Ref. 1].

- **Alta inmunidad frente a interferencias:** La posible interferencia de señales de banda angosta o ancha es despreciada si no se cuenta con el código de la señal deseada.

Fig.10 Alta Inmunidad ante Interferencias en Spread Spectrum [Ref. 1].

- **Alta inmunidad frente a interferencias de señales multitrayecto:** Al transmitir en RF las señales pueden tomar más de una ruta debido a fenómenos como la reflexión, refracción y difracción. Así las señales con diferentes rutas son copia de una señal transmitida pero con distintas amplitudes y fases, resultando en una dispersión de la señal, sin embargo en el receptor se espera a que lleguen varias copias para recuperar su fase y ser sumadas para obtener una señal más fuerte.

Fig. 11 Alta Inmunidad Frente Interferencia de Señales Multitrayecto en Spread Spectrum [Ref.1]

- **Privacidad en las comunicaciones:** La señal transmitida sólo puede ser recuperada si se cuenta con el código correspondiente.

Técnicas de Modulación Spread Spectrum.

Las técnicas de modulación Spread Spectrum fueron originalmente desarrolladas para sistemas de comunicaciones militares por su resistencia ante señales de interferencia y por su baja probabilidad de detección. Los métodos de modulación para generar Spread Spectrum son los siguientes:

- DSSS (Espectro Extendido por Secuencia Directa).
- FHSS (Espectro Extendido por Salto de Frecuencia).
- THSS (Espectro Extendido por Salto de Tiempo).
- HSS (Espectro Extendido Híbrido).

Técnicas que serán explicadas con más detalle en las siguientes secciones.

Frequency Hopping Spread Spectrum FHSS (Espectro Extendido por Salto de Frecuencia).

Esta técnica consiste en tomar la señal de transmisión y modularla con una señal portadora que realiza “saltos” (hops) de frecuencia en función del tiempo dentro de un ancho de banda asignado. El cambio periódico de frecuencia de la portadora reduce la interferencia producida por otra señal de banda angosta, afectando sólo si ambas señales se transmiten en la misma frecuencia y en el mismo instante de tiempo.

Un patrón de salto (hopping code) es dado por un generador pseudoaleatorio que determina las frecuencias por las que se transmitirá y el orden de uso de éstas. Por su parte el receptor para recibir correctamente la señal debe de disponer del mismo patrón de salto y estar en sincronía con el emisor para conocer las frecuencias de la señal en el momento correcto.

Utilizando Frequency Hopping es posible que varios usuarios empleen la misma banda de frecuencia sin que se interfieran, asumiendo que cada uno de ellos emplea un patrón de salto diferente. De esta forma si dos

patrones de saltos nunca emplean la misma frecuencia se dice que son ortogonales.

La figura 12 muestra un ejemplo de una señal Frequency Hopping en la que un ancho de banda es dividido en 8 canales, cada uno con su respectiva portadora. Sobre cada canal se cuenta con un número que indica el orden en que se va a transmitir su portadora, así por ejemplo la portadora f_1 va a ser la quinta en utilizarse para transmitir información, por su parte f_2 será la octava, y así.

Sucesivamente. De esta forma se observa que la transmisión de información en Frequency Hopping se efectúa en pequeños fragmentos.

Fig.12 Principio Frequency Hopping.

La velocidad a la que se ejecutan los saltos en Frequency Hopping va a depender de la tasa de transferencia de la información, de esta forma se cuenta con dos tipos de Frequency Hopping, el rápido (Fast Frequency Hopping) y el lento (Slow Frequency Hopping).

El FHSS lento consiste en que varios bits de información son transmitidos en la misma frecuencia, mientras que el FHSS rápido se realizan varios saltos de frecuencia para lograr transmitir un solo símbolo de la señal de entrada.

En la figura 13 se muestra un ejemplo de FHSS lento y la figura 14 ilustra FHSS rápido. Se considera que en ambas figuras se está utilizando MFSK como modulación con una $M=4$, lo que significa que se están usando 4 diferentes frecuencias para codificar la entrada de 2 en 2 bits, indicando que cada símbolo de la señal de entrada está conformado por dos bits. En las figuras se considera a T_c como el tiempo durante el cual se encuentra activa cada portadora, mientras que T es la duración de un bit de la señal de entrada y T_s es la duración de cada símbolo. Así observamos que en la primera figura que corresponde a FHSS lento, dos bits de información que forman un símbolo son enviados en la misma portadora; mientras que en FHSS rápido solo es enviado un bit en una portadora, teniendo

que utilizar dos portadoras para enviar un solo símbolo de dos bits.

Fig. 13 Ejemplo de FHSS Lento

Fig.14 Ejemplo de FHSS Rápido

Generación de una Señal FHSS.

Para obtener una señal Frequency Hopping se debe modular la información a transmitir después de haberle sido agregada una secuencia de pseudoruido centrada en una frecuencia base, esto mediante un sintetizador de frecuencia que va a permitir "el salto de frecuencias". De esta manera obtenemos la señal Frequency Hopping a ser transmitida.

Fig.15 Transmisor Frequency Hopping

Las técnicas de modulación más utilizadas en Frequency Hopping son: Binary Phase Shift Keying (BPSK) y Frequency Shift Keying (FSK), sin embargo con BPSK es difícil mantener la fase adecuada en el sintetizador de frecuencias, por eso FSK al ser una técnica de modulación no coherente es más usada para generar señales Frequency Hopping.

Por su parte en el receptor se debe contar con un generador de pseudo ruido sincronizado con la señal recibida. El generador de pseudo ruido va a producir la misma secuencia PN que le fue aplicada a la información al ser transmitida para poderla recuperar. La secuencia PN es usada para controlar la salida del

sintetizador de frecuencia, así – pues la frecuencia pseudo aleatoria introducida en el transmisor es retirada en el Receptor, siendo la señal resultante demodulada para obtener de esta forma la información original

Time Hopping Spread Spectrum THSS (Espectro Extendido por Salto de Tiempo).

En Time Hopping la información es transmitida durante determinados intervalos de tiempo en base a un código asignado a cada usuario. En Time Hopping un período de tiempo es dividido en intervalos denominados tramas y éstos a su vez divididos en M intervalos de tiempo más pequeños llamados time slots. De esta forma en Time Hopping la señal de un usuario no es transmitida de forma continua, sino por intervalos de tiempo contando cada usuario con un código asignado

En Time Hopping la señal es transmitida durante fragmentos de tiempo cortos, entrando la información en un buffer donde le es aplicado un código pseudoaleatorio con un ancho de banda mayor al de la información original. Por su parte en el receptor la señal es demodulada y decodificada para recuperar la señal original. La posibilidad de interceptación de una señal TH es baja aún cuando se ocupa la misma frecuencia de transmisión debido a que las variaciones en el tiempo son muy rápidas, requiriendo por ello una adecuada sincronización en el receptor.

Direct Sequence Spread Spectrum DSSS (Espectro Extendido por Secuencia Directa).

Usando Direct Sequence Spread Spectrum cada bit de la señal original es representado por múltiples bits usando un código de spreading. El código de spreading esparce la señal dentro de un ancho de banda en proporción directa al número de bits utilizados. De esta manera al utilizarse 10 bits de spreading la señal esparcida será 5 veces más ancha a que si se usan sólo 2 bits de código de spreading. Así – al generar una señal Spread Spectrum se utiliza un ancho de banda mucho mayor que el ancho de banda mínimo requerido para transmitir la información deseada.

El esparcimiento de la información es llevado a cabo usando una señal de esparcimiento llamado código pseudo aleatorio, el cual es independiente de la información y cuenta con un bit rate (velocidad de transmisión) mayor al de la señal de información.

La combinación de la señal de información y el código pseudo aleatorio o también llamado código de ensanchamiento se realiza mediante la operación OR exclusiva ($0 \hat{+} 0 = 0, 0 \hat{+} 1 = 1, 1 \hat{+} 0 = 1, 1 \hat{+} 1 = 0$), obteniéndose de esta forma la señal a ser transmitida. Por su parte el receptor debe contar con el código de spreading correcto para recuperar la información al realizar la operación OR exclusiva entre el código pseudo aleatorio y la señal resultante de la transmisión para que al serle retirado el código de ensanchamiento sea recuperada la información en banda base.

A continuación se presenta el esparcimiento de una señal utilizando DSSS. Se muestra la señal de información $s_i(t)$, la cual es multiplicada por un código pseudo aleatorio $c_i(t)$. La señal resultante $y_i(t) = s_i(t) \hat{+} c_i(t)$ es entonces modulada y transmitida. Esta señal a transmitir ocupa un ancho de banda mayor al ancho de banda mínimo requerido para transmitir la información en banda base $s_i(t)$. En la figura 16 se observa que la forma de onda de la señal combinada tiene una frecuencia mayor al observar que $1/T_c \gg 1/T_b$, donde T_b es el intervalo de bit de la información, y T_c es el intervalo de bit del código pseudo aleatorio, T_c es también llamado intervalo de chip. La razón de T_b a T_c es llamado proceso de ganancia GP.

Fig. 16 Direct Sequence Spread Spectrum

Cuando $s_i(t)$ y $c_i(t)$ tienen la misma razón de bit, $y_i(t)$ contiene toda la información de $s_i(t)$ y tiene la misma razón de bit que $c_i(t)$. El espectro de la señal no cambia y se dice que la información ha sido encriptada o scrambled. Si $c_i(t)$ es más rápida que $s_i(t)$, entonces $y_i(t)$ además de contener toda la información de $s_i(t)$ va a tener una razón de bit mayor comparada con $s_i(t)$, entonces se dice que la señal ha sido esparcida.

Por su parte en el receptor se recibe la señal $y_i(t)$ a la cual se le es aplicado el código pseudoaleatorio $c_i(t)$ producido por un generador local en el receptor. Para poder recuperar la información transmitida $s_i(t)$ de manera correcta, es necesario que el receptor se encuentre en sincronía con el transmisor. De la imagen anterior se observa que si el bit de información toma el valor de 1 al ser combinado con el código de spreading, el código es invertido al aplicarle la operación OR exclusivo, mientras que si el bit de información es un 0 lo que se está transmitiendo es el código de spreading tal cual.

Generación de una Señal DSSS.

A continuación se presenta el diagrama a bloques de un transmisor Direct Sequence Spread Spectrum.

Fig. Transmisor Direct Sequence Spread Spectrum

Se observa que la tasa de transmisión del código pseudo aleatorio es mayor que el de los datos. En Direct Sequence el código pseudo aleatorio es aplicado directamente a la información a transmitir antes de pasar a la etapa de modulación, por lo tanto el modulador observa una tasa de transferencia mayor a la del mensaje original. La nueva tasa de transferencia se conoce como chip rate, mientras que la tasa de transferencia original se conoce como bit rate. El chip rate será tantas veces mayor a la original como lo sea la longitud de la secuencia de ensanchamiento, así – por ejemplo si se usan 5 chips para representar un solo bit del mensaje original, entonces el chip rate será 5 veces mayor al bit rate.

Las técnicas de modulación usadas generalmente en Direct Sequence son de la forma Phase Shift Keying (PSK) como lo son Binary Phase Shift Keying (BPSK), Differential Binary Phase Shift Keying (D-BPSK), Quadrature Phase Shift Keying (QPSK), y Minimum Shift Keying (MSK).

Por su parte en el receptor se debe de contar con un demodulador coherente y un generador local de secuencia de código, mientras que en el receptor no solo se debe de conocer la secuencia de pseudocódigo usada para esparcir la señal sino que el código de la señal recibida y el generador local de código deben de estar sincronizados, dicha sincronía debe de mantenerse hasta que la señal completa haya sido recibida.

La dispersión del espectro efectuado mediante la utilización de Direct Sequence se logra explicar al considerar que el ancho de banda de una señal de frecuencia alta es mayor que una señal de baja frecuencia. De esta forma al ser la velocidad de transmisión mayor en el código pseudoaleatorio se requiere un mayor ancho de banda, así – al combinar el código con la información se obtiene la velocidad de transmisión del código, siendo el ancho de banda del código el requerido para la señal Spread Spectrum.

Características DSSS.

En la sección donde se definen las características de esparcir el espectro se mencionan las características de las señales Spread Spectrum. Ahora se explican esas propiedades para el caso específico en el que se utiliza DSSS

- **Acceso Múltiple.** Si múltiples usuarios ocupan el mismo canal al mismo tiempo las señales DS se traslapan en tiempo y frecuencia. En el receptor un demodulador coherente es usado para remover el código pseudoaleatorio. Esta operación concentra la potencia de la información deseada en banda base y así – recuperarla.

- **Interferencia Multiruta.** Al transmitir en RF las señales pueden tomar más de una ruta debido a fenómenos como la reflexión, refracción y difracción. Las señales con diferentes rutas son copia de una señal transmitida pero con distintas amplitudes y fases resultando en una dispersión de la señal. Pero en el receptor se espera a que lleguen varias copias de una señal para recuperar su fase y son sumadas para obtener una señal más fuerte. En el caso de DSSS, si el modulador coherente recibe la señal deseada y después recibe la misma información pero con un retardo, esto la va a considerar como interferencia, por lo tanto sólo recobra parte de la potencia de la información.
- **Interferencia de Banda Angosta.** La detección coherente en el receptor involucra una multiplicación de la señal recibida con un generador local de secuencias de código. Sin embargo multiplicando una señal de banda angosta con la secuencia de código de banda ancha la potencia en la información de banda ancha decrece en un factor igual al factor de ganancia.
- **Baja probabilidad de ser interceptada.** Son difíciles de interceptar al ser las señales esparcidas mediante secuencias pseudoaleatorias, siendo percibidas como señales de ruido por el resto de los usuarios.
- La generación de señales codificadas es sencilla al ser obtenidas mediante la operación Or exclusiva, que es sólo una multiplicación.

Hybrid Spread Spectrum HSS (Espectro Extendido Híbrido).

Un sistema híbrido se forma de la combinación de dos tipos de Spread Spectrum de los tres existentes, o una combinación de CDMA con alguna otra técnica de acceso múltiple. De las técnicas de espectro extendido podemos tener cuatro posibles sistemas híbridos: DS/FH, DS/TH, FH/TH y DS/FH/TH.

La idea de un sistema híbrido es combinar las ventajas específicas de cada técnica de modulación. Si por ejemplo combinamos DS y FH obtenemos la ventaja de inmunidad ante trayectorias multiruta de DS combinado con el favorable desempeño ante la propiedad Near-Far de un sistema FH.

Secuencias de Ensanchamiento.

Como se ha mencionado en líneas anteriores, una secuencia de spreading es una secuencia binaria utilizada por un transmisor y un receptor determinado para establecer entre ellos una comunicación confiable al ser “esparcida” la información en un ancho de banda mayor, obteniendo señales con una potencia baja para evitar una posible interceptación de información.

El esparcimiento consiste en realizar la operación XOR entre los datos de información y la secuencia de esparcimiento, la cual cuenta con una razón de bit mucho mayor al de la información. Por su parte en el receptor le es removida la secuencia pseudo aleatoria a la señal con espectro esparcido, esto al ser multiplicada por la secuencia de ensanchamiento con la sincronización correcta para ser recuperada la información original.

Las secuencias de ensanchamiento deben aparentar ser ruido ante el resto de las señales, para lograrlo las secuencias deben de contar con el mismo número de 1's que de 0's; además de tener una correlación mínima entre ellas para evitar que los receptores se confundan entre los diferentes códigos de ensanchamiento y ser capaces de identificar la información que les corresponde y no recuperar la de algún otro usuario.

Dentro de las secuencias de ensanchamiento hay dos categorías que son empleadas: Secuencias de pseudo ruido y códigos ortogonales. Las secuencias de pseudo ruido son las empleadas en sistemas FHSS mientras

que en sistemas DSSS tanto las secuencias de pseudo ruido como los códigos ortogonales son usados.

$GP = 10 \log$	BWT	BWI
----------------	-----	-----

SANTIAGO SUR

INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

TELEFONIA CELULAR I

ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE CODIGO (CDMA)