

SPREAD SPECTRUM

TIPOS DE MULTICANALIZACIÓN

FDMA (Frequency Division Multiple Access).– FDMA divide los canales de radio en un rango de radiofrecuencias y es utilizado en el sistema analógico celular tradicional. Con FDMA, un solo suscriptor es asignado a un canal a la vez.

TDMA (Time Division Multiple Access).– TDMA divide los canales de radio convencional en ventanas de tiempo para obtener una mayor capacidad. Se utiliza en sistemas celulares. Ninguna conversación puede acceder un canal ocupado.

CDMA (Code Division Multiple Access).– Asigna a cada usuario un código único para colocar diversos usuarios en el mismo ancho de banda al mismo tiempo. Los códigos, llamados secuencias de pseudoruido, son utilizados por la estación móvil y la estación base para distinguir las conversaciones. Todos los usuarios de CDMA pueden compartir el mismo canal de frecuencia debido a que se distinguen por código digital. Requiere una potencia mucho menor que las tecnologías FDMA y TDMA.

La ventaja de *Soft Handoff* en CDMA es que la entrega del cliente entre bases no es discernible por el usuario. Las desventajas son que el usuario debe recibir señales de toda base que pueda escuchar, lo que hace que el equipo sea más complejo; cada base debe dedicar un canal a todo usuario en su línea de vista, lo cual reduce la capacidad del sistema.

Alternativas en CDMA: CDMA por control de potencia (PCDMA); CDMA de control de distancia (DCDMA), CDMA de salto en frecuencia (FCDMA) y CDMA de división en tiempo (TCDMA). DCDMA se utiliza en sistemas satelitales como GPS.

SPREAD SPECTRUM (sistema de espectro amplio)

Literalmente, un sistema de espectro amplio es aquél en el que la señal transmitida es esparcida en una banda de frecuencia ancha, de hecho, mucho más ancha que el mínimo ancho de banda requerido para transmitir la información que se envía.

Existen dos tipos generales de técnicas como ejemplos de métodos de señalización de espectro amplio, los sistemas modulados de secuencia directa y los de salto en frecuencia. Similares al salto en frecuencia, se tienen sistemas de salto en tiempo (*time hopping*) y salto en tiempo y frecuencia (*time frequency hopping*).

La información puede ser incluida en la señal de espectro amplio por diversos métodos. El más común es el de añadir la información al código de esparcimiento del espectro antes de utilizarlo para modular, alternativamente, podemos utilizar información para modular una portadora antes de esparcirla.

Un sistema de espectro amplio debe cumplir con dos cosas: (1) el ancho de banda transmitido debe ser mucho mayor al ancho de banda o la tasa de información que se envía, y (2) se emplea alguna otra función aparte de la información que se envía para determinar el ancho de banda RF modulado resultante.

Algunas de las propiedades de los sistemas de espectro amplio:

La capacidad de direccionamiento selectivo; la posibilidad de acceso múltiple por multicanalización por división de código; el espectro de potencia de baja densidad para ocultar la señal; el rechazo de interferencia. No todas estas características están necesariamente disponibles en un sistema al mismo tiempo.

Considerando el teorema de Shannon respecto a la tasa de información, el cual demuestra que se puede enviar información libre de errores utilizando algún método que emplee anchos de banda lo suficientemente grandes para transmitir la información, podemos decir que la ganancia de procesamiento es una forma de aplicación de ese teorema, en el cual la señal es ampliada, y la ganancia de procesamiento producida por el proceso de esparcimiento y de-esparcimiento es igual a la relación de ancho de banda entre la información y el ancho de banda en RF utilizado para mandarla.

Un sistema de espectro amplio desarrolla su ganancia de procesamiento en un proceso de esparcimiento y de-esparcimiento del ancho de banda de una señal secuencial. La parte de transmisión del proceso puede llevarse a cabo con cualquiera de los métodos de modulación para ampliación de banda. El de-esparcimiento se logra al correlacionar la señal recibida en espectro amplio con una señal local similar de referencia. Cuando dos señales se igualan, la señal deseada se colapsa a su ancho de banda original (antes del esparcimiento), mientras que cualquier entrada diferente es esparcida por la referencia local al ancho de banda de la referencia local. Después, un filtro rechaza todas las señales de banda estrecha menos la deseada; esto es, dada una señal deseada y su interferencia (ruido atmosférico, ruido en el receptor, o interferencia), un receptor de espectro amplio magnifica la señal a la vez que suprime los efectos de todas las demás entradas.

La diferencia entre la relación señal a ruido de entrada y salida en cualquier procesador, es su ganancia de procesamiento.

El umbral de interferencia de un sistema en particular nos es de interés al determinar que tan bien ese sistema operará en la presencia de interferencia. Ningún sistema puede ser diseñado sin un umbral de interferencia, pero si se tiene cuidado, el punto del umbral puede ser posicionado fuera de la región normal de operación.

En general, el procesamiento de espectro ancho ofrece los medios más flexibles para proveer el rechazamiento de señales no deseadas, ya que no es necesario diseñar para el rechazo de tipos de interferencias en particular, y las consideraciones geométricas generalmente no son importantes. Aún así, el procesamiento por espectro ancho no provee la más alta ganancia de procesamiento para toda situación. Las alternativas mencionadas anteriormente pueden ser combinadas con técnicas de espectro amplio para producir un sistema compatible con las ventajas del espectro amplio y otros sistemas de mejoramiento en la relación señal a ruido.

SECUENCIA DIRECTA

Un método de ampliar el espectro de una señal de datos modulada es modulando la señal por segunda ocasión utilizando una señal de espectro amplio en frecuencia. Esta segunda modulación adquiere generalmente una forma de modulación digital de fase, aunque la amplitud y fase, en modulación, de forma analógica es conceptualmente posible. La señal ampliadora (denominada $c(t)$ y llamada código de expansión) es escogida de tal manera que tenga propiedades que faciliten la demodulación por un receptor conocido e intencionado. Estas propiedades harán una demodulación imposible por un receptor no intencionado.

Técnicas de Spread Spectrum:

Básicamente son tres:

BPSK (Binary Phase Shift Keying) Explicada en la exposición

QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) No explicada en la exposición

MSK (Minimum Phase Shift Keying) No explicada en la exposición

BPSK

Para modulación de tipo BPSK, a grandes rasgos se realizan los siguientes pasos:

TRANSMISOR:

- 1.– Se codifican los datos de forma binaria tomando la señal valores de +1 o -1.
- 2.– La señal de datos entran a un bloque modulador de fase, donde la señal se multiplica por una portadora común y corriente.
- 3.– De la salida del modulador de fase, la señal, ya con una frecuencia portadora, entra a un mezclador donde se multiplicará de forma directa con la señal ampliadora $c(t)$. Ésta será la señal modulada a transmitir.

EN EL MEDIO:

- 1.– Durante el trayecto, supongamos que la señal transmitida recibe una interferencia a la cual denominaremos J. Por lo tanto, la señal que va a llegar al receptor será la señal transmitida modulada, cómo se mencionó, más la interferencia J. Cabe anotar que la interferencia no lleva la modulación con el código de expansión $c(t)$ pues nunca estuvo en el transmisor.

RECEPTOR:

- 1.– La señal recibida entra a un mezclador con la que se multiplicará con la señal $c(t)$ igual a la del transmisor, con el que el espectro de la señal se desamplía y el espectro de la señal de interferencia se amplía.
- 2.– Después, la señal entrará un filtro pasabandas centrado en el ancho de banda de la señal de datos.
- 3.– Por último, esta señal entra a un demodulador de fase convencional para recuperar la señal original.

PROPIEDADES DEL CÓDIGO DE EXPANSIÓN $c(t)$

- Llamada también código aleatorio de pseudo-ruido.
- Puede ser polar (-1, 1) No polar (0, 1)
- Características similares al ruido.
- La duración de un bit puede llegar a ser menor en miles o millones de veces a la duración de un bit de los datos.

SISTEMAS DE SALTO DE FRECUENCIA (FREQUENCY HOPPING)

En estos sistemas, la frecuencia portadora del transmisor cambia abruptamente, salta de acuerdo a una secuencia de código pseudoaleatorio. El receptor rastrea estos cambios y produce señales de frecuencia intermedia constantemente.

La dispersión del espectro se logra al dividir el ancho de banda disponible en un gran número de ranuras de frecuencia contiguas y luego utilizando una secuencia pseudoaleatoria (generada en el transmisor), se cambia la frecuencia de la señal portadora constantemente entre dichas ranuras de frecuencia. De aquí que al transmitir sobre una multiplicidad de frecuencias, el rechazo de interferencias se debe a que se puede evitar transmitir, el mayor tiempo posible, sobre las frecuencias en donde se encuentran las señales interferentes. A los sistemas FH también se les conoce como *Sistemas de Eludición*.

Los sistemas FH se clasifican de acuerdo a la cantidad de tiempo que permanecen en cada frecuencia discreta antes de saltar a la siguiente, se les divide en:

- Salto en frecuencia lento. Son sistemas en los que se transmite uno o más bits de información en cada frecuencia.
- Salto en frecuencia rápido. Son sistemas en los cuales en cada frecuencia se transmite parte de un bit y son necesarios varios saltos para transmitir el bit completo.

SISTEMAS HÍBRIDOS

Los sistemas híbridos son combinaciones de los métodos de espectro amplio que se utilizan para aprovechar los beneficios que éstos brindan por separado. Son:

- Salto en frecuencia y secuencia directa. En esta técnica se divide un bit de datos sobre distintos canales de salto en frecuencia. En cada canal de salto en frecuencia existe un código de pseudoruido que se multiplica con la señal que contiene los datos.
- Salto en tiempo y frecuencia. Es un método utilizado en sistemas en los que muchos usuarios operan simultáneamente a grandes distancias sobre una misma línea de transmisión y recepción. Se logra que los usuarios transmitan a diferentes tiempo y frecuencias y de éste modo muchos canales pueden operar al mismo tiempo si sus cambios en tiempo y frecuencia son sincronizados.
- Salto en tiempo y secuencia directa.

Tabla comparativa entre sistemas de salto en frecuencia y secuencia directa.

Secuencia directa	Salto en frecuencia
Muy parecida al ruido. • Funciona en presencia de ruido. • No necesita de códigos correctores de errores. • La limita el efecto de cercanía-lejanía¹. • Su sincronización es difícil.	Ancho de banda instantáneo angosto. • Necesita de una relación señal a ruido positiva. • Requiere del uso de códigos correctores de errores. • Buen desempeño en presencia del efecto de cercanía-lejanía. • Son más sencillos de sincronizar.

APLICACIONES

Las principales aplicaciones de espectro amplio se muestran en la siguiente tabla:

Áreas	Aplicación	Uso
Sistemas Espaciales	comunicaciones satelitales ,	Militar
Sistemas de Aviación	Comunicaciones, Radar	Militar
Sistemas de Prueba y Equipo	Detección de Bit – error, , No interferencia	Comercial
Protección de Señal	Mezcla de Voz y Datos, Rechazo de Interferencia	Comercial
Localización de Posición	Evitar colisiones Encontrar direcciones	Muchos

Uno de los métodos más importantes que ocupa espectro amplio es CDMA. El número de abonados aumentó a más de 65 millones durante el segundo trimestre de 2000. A partir de junio de 1999 hasta junio de 2000, el número de abonados de CDMA en América Latina experimentó un crecimiento del 346 por ciento.

El Sector Soluciones para Redes de Motorola, Inc. (NSS) ofrece a sus operadoras CDMA ensanchar las capacidades digitales CDMA para el usuario itinerante (roaming) a través de la introducción de un soporte lógico mejorado para sistemas.

Existen compañías que han empezado a ofrecer servicios inalámbricos en México como es el caso de Axtel, aplicando FWA (Acceso Inalámbrico Fijo). Esta compañía utiliza espectro amplio para optimizar el ancho de banda entre la estación Base de Radio (Radio Base) y el Centro de Conmutación de Servicios (Switch)

Ventajas de la Tecnología CDMA que ofrece la empresa Pegaso

- Calidad de voz y de llamadas excelente.
- CDMA ofrece una calidad de voz superior, estimada tan buena como la que se ofrece mediante una línea de alambre.
- Filtra los ruidos de fondo, diafonía e interferencias.
- Incrementa la calidad y privacidad de las llamadas.
- Menor consumo de energía.

1 El efecto de cercanía lejanía se da cuando existen dos sistemas de comunicación con la característica de que el receptor 1 está muy alejado del transmisor 1 y muy cerca del transmisor 2. El transmisor 2 puede causarle interferencia al receptor 1 debido a su *cercanía*.