



24
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

" COMUNICACIONES. VIA SATELITE.
MODULACION Y TECNICAS DE ACCESO AL SATELITE."

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA MECANICA ELECTRICISTA
PRESENTA:
MARTHA MARGARITA ALMANZA ALBA

ASESOR :
ING. JUAN GONZALEZ VEGA

SAN ZCALLI, EDO. DE MEXICO. 1996
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS

Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Comunicaciones, Vía Satélite, Modulación y Técnicas de Acceso al Satélite.

que presenta la pasante: Martha Margarita Almanza Alba.

con número de cuenta: 8707162-7 para obtener el Título de:
Ingeniera Mecánica Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 20 de Febrero de 19 96

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>Primero</u>	<u>Ing. Alfonso Contreras Marquez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Segundo</u>	<u>Ing. Juan Gonzalez Vega</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Tercero</u>	<u>Ing. Francisco Tellituid Lopez</u>	<u>[Firma]</u>

DEP/NOBOSEM

Mamá:

Por tu diario sacrificio, apoyo, cariño y comprensión; pero sobre todo, por inculcarme los principios de honradez, rectitud y firmeza. A ti con gran admiración y respeto.

Papá:

Por enseñarme que con empeño y dedicación todo lo que se desea se puede lograr; por inculcarme el carácter y coraje para salir adelante.

Hermano:

Con cariño, deseando que consideres que los grandes logros dependen en gran medida de uno mismo.

A la U.N.A.M. por la oportunidad que me brindó, para poder lograr una de mis metas.

A los Ingenieros Blanca de la Peña y Ubaldo Ramirez por su amistad, apoyo, motivación y conocimientos que me brindaron.

Al Ing. Juan González por sus valiosos consejos y enseñanza.

A mis amigos de I.M.E. con los que disfrute de buenos y malos momentos.

INDICE

Introducción	1
--------------------	---

CAPITULO I

Modulación	3
Modulación analógica	5
Modulación Lineal	6
- Amplitud Modulada	7
Formas de onda AM	9
Porcentaje de modulación	13
Sobremodulación	15
- Modulación en doble banda lateral	16
- Modulación en banda lateral única	18
- Modulación en banda lateral residual	19
Modulación Angular	21
- Modulación de fase	21
- Frecuencia modulada	21
- Comparación de sistemas analógicos	24

CAPITULO II

Modulación Digital	24
- Manipulación por cambio de frecuencia (FSK)	29
- Manipulación por cambio de amplitud (ASK)	30
- Manipulación por cambio de fase (PSK)	31

CAPITULO III

Técnicas de Acceso	33
- Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA)	35
- Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)	41
- Acceso múltiple por división de código (CDMA)	47

CONCLUSIONES	49
---------------------------	-----------

GLOSARIO	52
-----------------------	-----------

BIBLIOGRAFIA	61
---------------------------	-----------

INTRODUCCION

La modulación es el proceso mediante el cual símbolos digitales son transformados en formas de onda compatibles con las características del canal de comunicación.

Cuando hablamos de señales de banda base, se sabe que la forma de onda a que se está haciendo referencia son pulsos, mientras que en las señales moduladas o de banda ancha la información a transmitir modula una forma de onda senoidal llamada portadora, la cual es entonces transmitida a través del canal de comunicación.

La razón principal para modular una señal original de banda base se aprecia claramente si se considera por ejemplo que para su transmisión se va a utilizar la radiación electromagnética. Otra razón de importancia por la que se utiliza la modulación para la transmisión de señales es la de permitir multiplexar o agrupar varias señales diferentes a través del mismo canal de comunicación. Esta técnica es conocida como multiplexaje por división de frecuencia o FDM.

Las diferentes técnicas de modulación se basan en los tres parámetros básicos de toda onda senoidal: amplitud, frecuencia y fase.

La modulación la podemos dividir en dos categorías generales: analógica y digital. Dentro de la modulación analógica tenemos dos divisiones: angular y lineal. Cuando la amplitud instantánea, está directamente relacionada con la señal modulante, el resultado será una modulación lineal.

La modulación de la fase o de la frecuencia se conocen como modulación angular debido a que es el ángulo de fase de la portadora modulada la que imparte la información.

Los tipos básicos de modulación digital son los siguientes: manipulación por cambio de amplitud (ASK), manipulación por cambio de fase (PSK) y manipulación por cambio de frecuencia (FSK). La ASK se conoce también como modulación "on-off" (OOK) y fue una de las primeras formas de modulación digital usada para radio-telegrafía. Para la modulación PSK binaria (BPSK), los cambios de fase son de 180° o π radianes. En la FSK el espaciamiento de las frecuencias de los tonos utilizados para representar un símbolo u otro depende del período de tiempo asignado para cada símbolo.

El acceso múltiple se define como la capacidad de un gran número de estaciones terrenas para interconectar sus enlaces de comunicación correspondientes a través de un satélite común. El acceso al satélite se clasifica: 1> por la asignación, ya sea casi permanente o temporal de la frecuencia o en el tiempo, es decir, a> acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) o b> acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). De las diferentes técnicas de acceso, la FDMA es la que tiene el mayor uso y aplicación.

CAPITULO I

MODULACION

Algo básico en el campo de las comunicaciones es el concepto de modulación. Modulación es el proceso de enviar información sobre una alta-frecuencia portadora para la transmisión. En esencia, la transmisión toma un lugar en las altas frecuencias (la portadora), la cual ha sido modificada para "transportar" las bajas frecuencias de información. Dichas frecuencias se denominan señales inteligentes o simplemente inteligente. Una vez que la información es recibida la inteligente debe ser removida de la alta frecuencia portadora; este proceso es llamado demodulación. En este sentido se puede pensar ¿por qué molestarse haciendo este proceso de modulación/demodulación?, ¿por qué no transmitimos la información directamente?. El problema es que el rango de frecuencias de la voz está entre los 200-3000 Hz. Si transmitiéramos todas esas frecuencias directamente como ondas de radio, la interferencia las haría a todas ellas ser ineficaces. Otra limitante de igual importancia es la imposibilidad virtual de transmitir tan bajas frecuencias como las requeridas por antenas para la propagación eficiente que será de kilómetros de longitud.

La modulación es la solución, ya que permite la propagación de información de baja frecuencia con una portadora de alta frecuencia. Las altas frecuencias portadoras son elegidas tal que solamente un transmisor opera en un área a la misma frecuencia con una mínima interferencia y esa frecuencia es lo suficientemente alta para que la eficiencia de las dimensiones de la antena sean

manejables. Hay tres métodos básicos para enviar bajas frecuencias de información sobre una muy alta frecuencia. La ecuación 1 es la representación matemática de una onda senoidal, la cual nosotros asumiremos será una alta frecuencia portadora.

$$v = V_p \text{ sen } (\omega t + \theta) \quad (1)$$

donde: v = valor instantáneo
 V_p = valor pico
 ω = velocidad angular = $2 \pi f$
 θ = ángulo de fase

Cada uno de los tres últimos términos pueden ser variados de acuerdo con la baja frecuencia de la señal de información y producir una señal modulada que contenga la información. Si el término amplitud, V_p , es el parámetro variado, es conocido como amplitud modulada (AM). Si la frecuencia es variada, frecuencia modulada (FM) y variando el ángulo de fase θ , tenemos la modulación de fase (PM). Adelante estudiaremos estos sistemas. Si más de una señal utiliza el canal, la modulación permite la traslación de las diferentes señales a diferentes localizaciones espectrales, lo que permite que dos o más señales se transmitan por un solo transmisor y sean recibidas simultáneamente por un solo receptor.

TECNICAS DE MODULACION ANALOGICA

La selección lógica de la técnica de modulación se ve influida por las características de la señal mensaje, las características del canal, el funcionamiento que desea obtener del sistema total de comunicación, el uso que se ha de hacer de los datos transmitidos y los factores económicos que siempre son importantes en las aplicaciones prácticas.

Los dos tipos básicos de modulación analógica son la modulación por onda continua y la modulación por pulsos. En la modulación por onda continua, un parámetro de una portadora de alta frecuencia se varía proporcionalmente a la señal mensaje de manera que exista una correspondencia de uno a uno entre el parámetro y la señal mensaje. Generalmente, se supone a la portadora senoidal. Como una senoidal está especificada completamente por su amplitud y su argumento, se sigue que una vez que se especifica la frecuencia, solamente dos parámetros son susceptibles de ser variados: la amplitud instantánea, $A(t)$ y la variación instantánea de fase $\theta(t)$. Cuando la amplitud instantánea, $A(t)$, está linealmente relacionada con la señal modulante, el resultado será una modulación lineal. Dejando que $\theta(t)$ o la derivada en el tiempo de $\theta(t)$, estén linealmente relacionados con la señal modulante, da por resultado modulación de fase o de frecuencia respectivamente. Colectivamente la modulación de fase y la de frecuencia se conocen como modulación angular, ya que es el ángulo de fase de la portadora modulada la que imparte la información.

En la modulación analógica por impulsos, la forma de onda del mensaje se muestrea a intervalos discretos de tiempo y la amplitud, el ancho o la posición del pulso se varía en correspondencia uno a uno con los valores de las muestras. Como las muestras están disponibles para otros usos, tales

como la inserción de muestras procedentes de otras señales mensaje. Esto se conoce como multiplexor por división de tiempo. Si se cuantifica y codifica el valor de cada muestra, se tiene como resultado la modulación por pulsos codificados.

MODULACION LINEAL

En general una portadora linealmente modulada se representa haciendo igual a cero la variación instantánea de fase, en la ecuación 1. Por lo tanto, una portadora linealmente modulada se representa como :

$$X_c(t) = A(t) \cos \omega_c t$$

donde: ω_c = frecuencia portadora.

$A(t)$ = amplitud instantánea.

en la cual la amplitud de la portadora, $A(t)$ varía en correspondencia de uno a uno con la señal mensaje. Se describirán ahora diferentes tipos de modulación lineal.

MODULACION DE AMPLITUD.

Combinando dos muy diferentes ondas de frecuencia senoidales, tales como una portadora e inteligente en una forma lineal, resulta en su simple adición algebraica tal como se muestra en la figura 1. Un circuito que podría ejecutar esta función es mostrado en la Fig. 1.1 (a). Las dos señales combinadas en un dispositivo lineal tal como un resistor.

Desafortunadamente el resultado, Fig. 1.1(d) no es conveniente para transmisiones de formas de onda de amplitud modulada. Si este fuera transmitido la antena receptora sólo detectaría la señal portadora porque la componente de baja frecuencia inteligente no puede ser eficientemente propagada como una onda de radio.

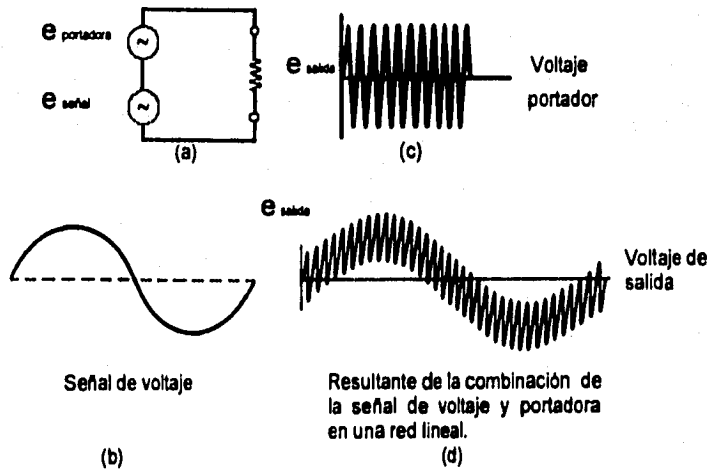


Fig. 1.1 Adición lineal de dos ondas senoidales.

El método utilizado para producir una señal de amplitud modulada es combinar la portadora y la Inteligente a través de un dispositivo no lineal. Este puede ser matemáticamente proveniente de las dos ondas senoidales a través de un dispositivo no lineal que produce las componentes periódicas de las frecuencias.

1. Un nivel de corriente directa.
2. Componentes de cada una de las dos frecuencias.
3. Las componentes de la suma y diferencia de las dos frecuencias originales.
4. Armónicas de las dos frecuencias originales.

La figura 1.2 muestra este proceso gráficamente con las dos ondas senoidales, niveles f_c y f_i , para representar la portadora y la inteligente. Pero si $f_c - f_i$, f_c , y $f_c + f_i$, las componentes son removidas (quizás con un filtro pasa baja) las tres componentes izquierdas constituyen una forma de onda de amplitud modulada. Estas son referidas como :

1. La frecuencia lateral inferior ($f_c - f_i$).
2. La frecuencia portadora (f_c)
3. La frecuencia lateral superior ($f_c + f_i$)

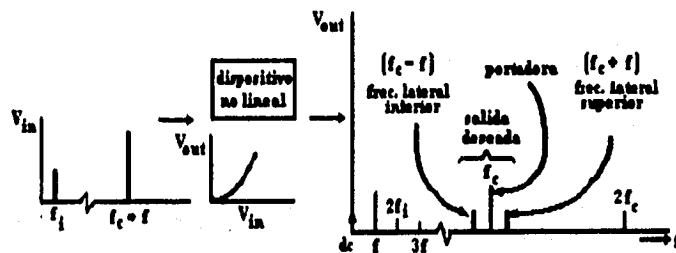


Fig. 1.2 Proceso no lineal.

FORMAS DE ONDA AM

La figura 1.3 muestra la actual forma de onda AM bajo variadas condiciones de la señal inteligente. Se puede notar que en la figura 1.3 (a) el resultado de la onda AM es básicamente una señal de una frecuencia portadora cuya amplitud es cambiada en la misma medida que la frecuencia inteligente. Advierte que como la amplitud de la inteligente alcanza un valor positivo máximo, la forma de onda de amplitud modulada tiene una amplitud máxima. La forma de onda AM alcanza un valor mínimo cuando la amplitud de la inteligente llega a un valor máximo negativo. En la figura 1.3(b), la frecuencia de la inteligente permanece igual, pero su amplitud ha sido ampliada. El resultado de la forma de onda AM responde alcanzando un valor máximo amplio y un valor mínimo pequeño. En la figura 1.3 (c) la amplitud de la inteligente es reducida y su frecuencia se ha ido hacia arriba. El resultado de la forma de onda AM por lo tanto se ha reducido en máximos y mínimos, y la proporción que oscila entre estos extremos se ha incrementado a la misma frecuencia que la señal inteligente.

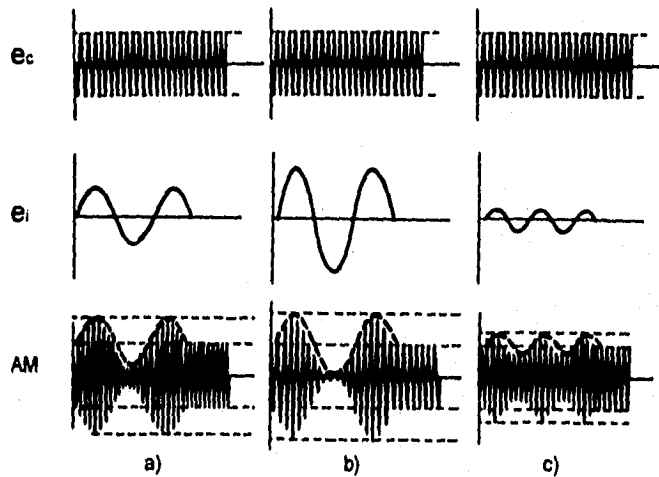


Fig. 1.3 Formas de onda de AM obtenidas al variar las condiciones de la señal inteligente (ei)

Esta conclusión puede no ser correcta, ya que ambas envolventes de arriba y abajo de una forma de onda AM son réplicas de la frecuencia y amplitud de la inteligente (advierde el cambio de fase de 180°). Sin embargo, la forma de onda AM no incluye ningún componente de la frecuencia de la inteligente. Si una portadora de un 1MHz fuera modulada por una señal inteligente de 5KHz, la forma de onda de AM incluirá los siguientes componentes:

1 MHz + 5kHz	=	1,005,000 Hz (frecuencia lateral superior)
1 MHz	=	1,000,000 Hz (frecuencia portadora)
1 MHz - 5Khz	=	995,000 Hz (frecuencia lateral inferior)

Este proceso se muestra en la figura 1.4. De esta manera, aunque la forma de onda tiene envolventes que son réplicas de la señal inteligente, no contiene un componente de la frecuencia inteligente.

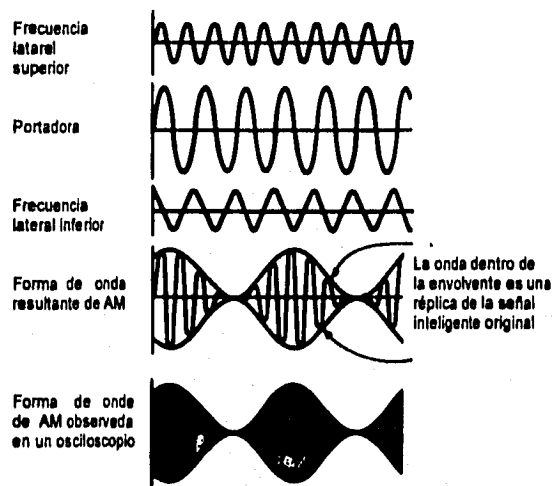


Fig.1.4 Portadora y componentes laterales de frecuencias resultando una forma de onda AM.

La envolvente inteligente es mostrada en la forma de onda resultante y consiste en conectar una línea para cada forma de onda de AM. La envolvente que entra no es realmente una componente de la forma de onda y no se podría ver en una pantalla de osciloscopio. Además, las envolventes superior e inferior no son más bajas que las frecuencias laterales respectivamente. Las envolventes resultan de una combinación no lineal de la portadora con dos señales de amplitud baja separadas en frecuencias de igual cantidad arriba y abajo de la frecuencia portadora. El aumento y disminución en la amplitud de la forma de onda de AM es ocasionada

por las diferentes frecuencias laterales, las cuales permiten a éstas agregarse y sustraerse alternativamente de la amplitud de la portadora, dependiendo de sus relaciones en las fases instantáneas.

La forma de onda de AM en la figura 1.4 (d) no muestra las frecuencias relativas a escala. La razón de f_s , f_c de la frecuencia envolvente (la cual es también f_i) es 1MHz a 5KHz o 200:1. Debido a la fluctuación de radio frecuencia (RF) se mostraría a 200 ciclos para cada ciclo de variación de la envolvente. Hacer ésto en un diagrama no es posible y mostrar en un osciloscopio este ejemplo es más práctico para formas f_i onda de AM, resultando en una buena definición de la envolvente pero con muchas variaciones de RF que pueden tener un aspecto borroso como lo muestra la figura 1.4 (e).

La modulación de una portadora con una onda senoidal pura de señal inteligente ha sido hasta aquí mostrada. Sin embargo, en muchos sistemas la inteligente es una forma de onda más bien compleja que contiene muchas componentes de frecuencia. La voz humana tiene componentes desde ásperos 200 Hz a 3 KHz y tiene una figura muy errática. Si ésta fuera utilizada para modular la portadora, una banda total de frecuencias laterales sería generada. La banda de frecuencias generadas sobre la portadora es periódica en la banda lateral superior mientras que la inferior a la portadora es llamada la banda lateral inferior.

Esta situación es ilustrada en la figura 1.5, por una portadora modulada de 1MHz mediante una banda total de frecuencias cuyo rango es desde 200 Hz a 3 khz . La banda lateral superior es desde 1,000,200 a 1,003,000 Hz y la banda lateral inferior cuyo rango es de 997,000 Hz a 99,800 Hz.

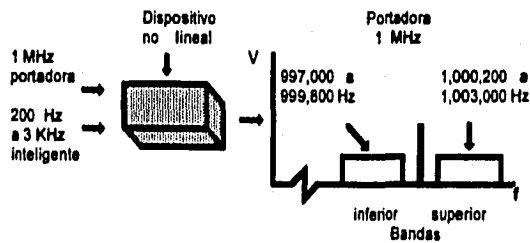


Fig.1.5 Modulación por una banda de frecuencia inteligente

PORCENTAJE DE MODULACION.

En el punto anterior se determinó que un aumento en la amplitud de la inteligente resulta en una señal de AM con máximos y mínimos. Esto ayudaría para tener una relación matemática entre la amplitud relativa de la portadora y la señal inteligente. El porcentaje de modulación provee ésta y es una medida del alcance al cual un voltaje portador es variado por la inteligente. El porcentaje de modulación es también citado como un índice o factor de modulación y es simbolizado por "m".

La figura 1.6 ilustra los dos métodos más comunes para determinar el porcentaje de modulación. Muestra que cuando la señal inteligente es cero la portadora es inmodulada y tiene un nivel pico de amplitud como E_c . Cuando la inteligente alcanza su primer valor pico (punto w), la señal de

AM alcanza un nivel de valor pico E_i (el aumento desde E_o). El porcentaje de modulación es dado como:

$$\% m = \frac{E_i}{E_o} * 100\% \quad (2)$$

El mismo resultado puede ser obtenido utilizando el valor máximo pico - pico de una forma de onda AM (punto W), el cual es mostrado como B y el valor mínimo pico - pico (punto X) el cual es A en la siguiente ecuación:

$$\% m = \frac{B - A}{B + A} * 100\% \quad (3)$$

Este método es usualmente más conveniente en la solución gráfica (osciloscopio)

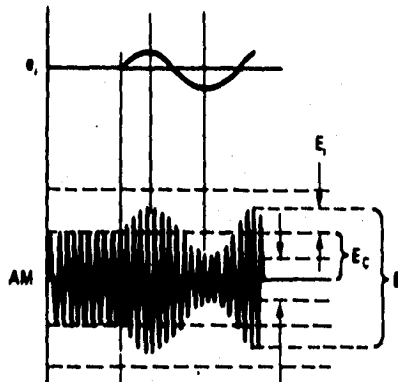


Fig. 1.6 Determinación del porcentaje de modulación

SOBREMULACION

Si el valor mínimo de la forma de onda AM "A" cae a cero como resultado de un aumento en la amplitud de la inteligente el porcentaje de modulación se convierte

$$\%m = \frac{B - A}{B + A} * 100\% = \frac{B - 0}{B + 0} * 100\% = 100\% \quad (4)$$

Este es el grado máximo de modulación. En esta situación la portadora está siendo más variada entre cero y el doble de su valor inmodulado. Cualquier otro aumento de la amplitud de la inteligente causará una condición conocida como **sobremodulación**. Si esto sucede la portadora modulada se irá a más del doble de su valor inmodulado pero caerá a cero por un intervalo de tiempo como se muestra en la figura 1.7. Esta diferencia produce una distorsión llamada banda lateral aplastada, la cual resulta en la transmisión de frecuencias fuera de una estación normal asignada a un rango. Esta es una condición inaceptable que causa severas interferencias a otras estaciones y causa fuertes aplastamientos de sonidos que pueden ser captados por el receptor.

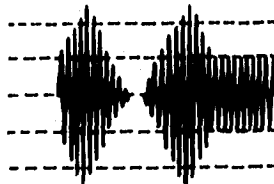


Fig. 1.7 Sobremodulación

Es importante utilizar un porcentaje de modulación tan alto como sea posible mientras que se asegure que la sobremodulación no ocurra. Las bandas laterales contienen la información y tienen un máximo de poder al 100% de modulación.

MODULACION EN DOBLE BANDA LATERAL

La doble banda lateral (DSB) resulta cuando $A(t)$ es proporcional a la señal mensaje, $m(t)$. Por lo tanto, la salida de un modulador DSB se puede representar como

$$X_c(t) = A_c m(t) \cos \omega_c t$$

lo que ilustra que la modulación en doble banda lateral es sencillamente la multiplicación de una portadora $A_c \cos \omega_c t$, por la señal inteligente.

El proceso de la modulación DSB se ilustra en la figura 1.8. Las formas de onda en el dominio del tiempo se ilustran en la figura 1.8 (a) para una señal inteligente superpuesta. La representación en el dominio de la frecuencia de $m(t)$ y $x_c(t)$ se ilustran en la figura 1.8 (b) para un supuesto $M(f)$, con un ancho de banda W . Los espectros $M(f + f_c)$ y $M(f - f_c)$ son simplemente los espectros de la señal trasladados a $f = \pm f_c$. La porción de $M(f - f_c)$ por encima de la portadora se conoce como la banda lateral superior (USB) y la porción por debajo de la portadora se conoce como la banda lateral inferior (LSB).

La figura 1.8 (c) muestra un sistema DSB e ilustra donde una señal DSB se demodula por la multiplicación de la señal recibida, indicada por $x_r(t)$, es idéntica a la señal transmitida, $x_o(t)$.

Típicamente, la frecuencia de la portadora es mucho más grande que la más alta frecuencia de la señal mensaje.

La dificultad básica con el uso de la modulación DSB es la necesidad de una portadora de demodulación en el receptor, que tenga la misma frecuencia que la portadora original de modulación y que sea coherente en fase con la misma.

El análisis de la DSB muestra que el espectro de una señal DSB no contiene ningún componente espectral en la frecuencia de la portadora, a menos que $m(t)$ tenga un componente de cd. Por esta razón, se les llama con frecuencia a los sistemas DSB, sistemas de portadora suprimida. Sin embargo, transmitiéndose una componente de la portadora junto con la señal DSB, se puede simplificar la demodulación. La componente de la portadora que se recibe se puede extraer utilizando un filtro pasa banda, de banda estrecha y utilizar esta componente como la portadora de demodulación. Alternativamente, si la portadora es suficientemente amplia, se puede evitar completamente la necesidad de generar una portadora de demodulación. Esto lleva al estudio de la amplitud modulada.

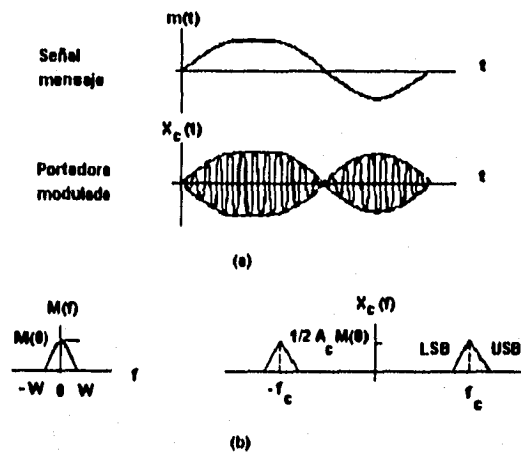


Fig. 1.8 Modulación de doble banda lateral: a) Formas de onda; b) espectros de $m(t)$ y $X_c(t)$.

MODULACION DE BANDA LATERAL UNICA

Como se advirtió anteriormente en la DSB que la banda lateral superior y la banda lateral inferior tienen amplitud par simetría impar de fase, alrededor de la frecuencia de la portadora. Por tanto, no es necesaria la transmisión de ambas bandas laterales, ya que cualquiera de ellas contiene suficiente información para poder reconstruir la señal mensaje $m(t)$. La eliminación de una de las bandas laterales antes de transmitir da por resultado la banda lateral única (SSB) que reduce el ancho de banda de la salida del modulador de $2W$ a W donde W es el ancho de banda de $m(t)$. In embargo, este ahorro en el ancho de banda viene acompañado por un aumento considerable en la complejidad.

La generación de la SSB, por medio de la filtración de banda lateral, se ilustra en la figura 1.9. Primero, se forma una señal DSB, $X_{DSB}(t)$. La filtración de banda lateral produce una banda lateral única, superior o inferior, lo que dependerá del paso de banda del filtro seleccionado.

En la figura 1.9 se ilustra en detalle el proceso de filtrado que produce una banda única inferior SSB. Se puede generar una banda lateral única inferior pasando una señal DSB por un filtro ideal que pasa la banda lateral inferior y rechaza la superior.

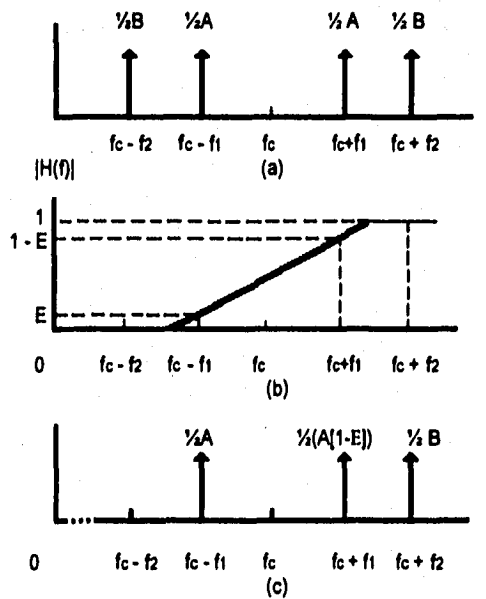


Fig. 1.9 Generación de banda lateral residual; a) espectro DSB (monolateral); b) característica del filtro DSB, cerca de F_c ; c) espectro VSB

MODULACION DE BANDA LATERAL RESIDUAL

La modulación de banda lateral residual (VSB) vence dos de las dificultades presentes en la modulación SSB. Si se permite que un residuo de la banda lateral indeseable aparezca en la salida de un modulador SSB, el diseño del filtro de banda lateral se simplifica, ya que se elimina la necesidad de un corte agudo en la frecuencia de la portadora. Además, un sistema VSB tiene una respuesta mejorada para las bajas frecuencias y puede tener hasta respuesta de c. d.

El ligero aumento en el ancho de banda que se requiere para la señal VSB, comparada con la señal SSB, queda más que nivelado por las simplificaciones electrónicas resultantes. El sistema VSB se usa con ventaja en la difusión comercial de la televisión.

MODULACION ANGULAR

Existen tres parámetros de una onda portadora senoidal que pueden ser variados para permitir a esta transportar a la señal inteligente de baja frecuencia. Estas son su amplitud, frecuencia y fase. Las dos últimas, frecuencia y fase están actualmente interrelacionadas, como una no puede ser variada sin cambiar la otra, ambas caen bajo la categoría general de modulación angular.

La modulación angular es definida como una modulación donde el ángulo de una portadora senoidal es variado desde su valor de referencia. La modulación angular tiene dos subcategorías: modulación de fase y modulación de frecuencia, con las dos definiciones siguientes:

MODULACION DE FASE (PM).

Modulación angular donde la fase del ángulo de una portadora es provocada a salir desde su valor de referencia por una cantidad proporcional a la amplitud de la señal modulada.

MODULACION DE FRECUENCIA (FM).

Modulación angular donde la frecuencia instantánea de una portadora es variada por una cantidad proporcional a la amplitud de la señal modulada.

La diferencia entre estas dos formas similares de modulación es que en PM la cantidad de fase variada es proporcional a la amplitud de la inteligente, mientras que en FM la frecuencia es variada y es proporcional a la amplitud de la inteligente. La PM no está directamente utilizada como una señal transmisora en los sistemas de comunicación, pero tiene mucha importancia desde que es frecuente su uso para ayudar a generar a FM, y un conocimiento de PM nos ayudará a entender la característica de propagación superior de FM comparado con los sistemas de AM. En años recientes, se ha hecho una práctica bastante común denotar la modulación angular simplemente como FM en lugar de referirse específicamente a FM y PM.

La cantidad de frecuencias cuya oscilación aumenta y disminuye alrededor de la F_c , es llamada la frecuencia de desviación δ . Esta desviación es mostrada en la Fig. 1.10 (c); como una función del tiempo. Es idealmente mostrada como una réplica de ondas senoidales de la señal original inteligente. Esto muestra que la salida del oscilador es en realidad una forma de onda FM. Así, FM

es definida como una portadora de onda senoidal que cambia en frecuencia por cantidad proporcional de valores instantáneos a la onda inteligente y una medida igual a la frecuencia de la inteligente.

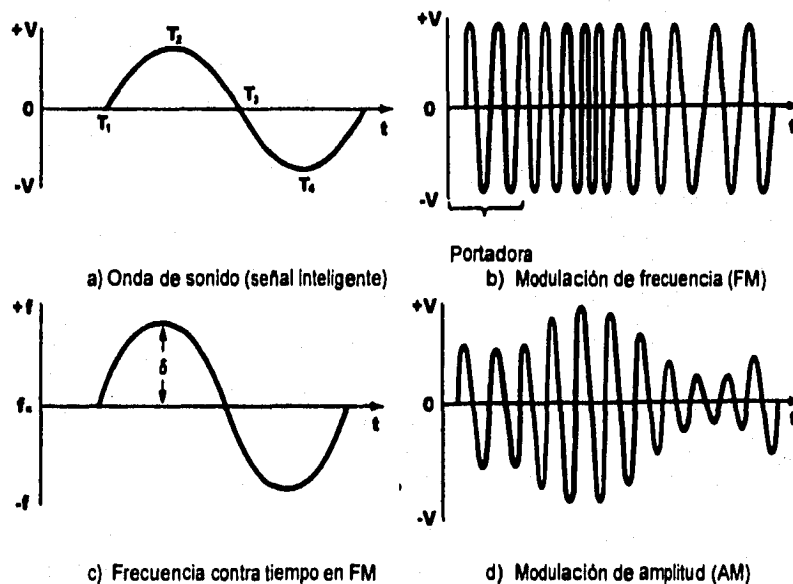


Fig. 1.10 Representación de una señal de FM.

La figura 1.10 (d) muestra que la onda AM resulta desde la señal inteligente como se señala en (a). Esto nos permite observar la diferencia entre una señal de AM y una FM. En el caso de AM la amplitud de la portadora es variada (por sus bandas laterales), en este paso con la inteligente, mientras que en FM la frecuencia de la portadora es variada por pasos con la inteligente.

COMPARACION DE SISTEMAS ANALOGICOS

	ANCHO DE BANDA	RESPUESTA A CD	EFICIENCIA	COMPLEJIDAD	APLICACIONES TÍPICAS
DSB	2W	SI	100%	MODERADA. SE REQUIERE MODULACION COHERENTE.	SISTEMAS DE COMUNICACION DE BAJO ANCHO DE BANDA
AM	2W	NO	<50%	MENOR. MODULADORES SENCILLOS Y DETECCION DE ENVOLVENTE.	RADIODIFUSION
SSB	W	NO	100%	MAYOR. SE REQUIEREN MODULADORES POR CAMBIO DE FASE Y MODULADORES COHERENTES.	SISTEMAS DE COMUNICACION POR VOZ
VSB	W +	SI	100%	MAYOR. SE REQUIEREN FILTROS SIMETRICOS Y DEMODULADORES COHERENTES.	SISTEMAS DE BANDA ANCHA
VSB + PORTADOR A	W +	NO	<50%	MODERADA. SE REQUIERE UN FILTRO SIMETRICO, PERO SE PUEDE UTILIZAR LA DETECCION DE ENVOLVENTE.	VIDEO DE TELEVISION
FM	2(D + 1) W	SI	NO ES APLICABLE	MODERADA. SE PUEDEN USAR DEMODULADORES SENCILLOS DE CIERRE DE FASE.	RADIODIFUSION DE ALTA FIDELIDAD
PM	2(D + 1) W	SI (CON CALIBRACION)	NO ES APLICABLE	MODERADA. ESENCIALMENTE LA MISMA QUE LA DE LA FM.	TRANSMISION DE DATOS; SUELE USARSE EN LA GENERACION DE FM

CAPITULO II

MODULACION DIGITAL

En el capítulo anterior, se cubrieron varios aspectos de la transmisión de información a frecuencias de banda básica. Para los sistemas digitales de comunicación que emplean canales pasabanda, resulta ventajoso modular una señal portadora con la corriente digital de datos antes de la transmisión. Las tres formas básicas de la modulación digital correspondiente a la AM, la FM y la PM, se conocen como: ASK, FSK y PSK. En este capítulo se examina brevemente cada uno de estos métodos de modulación.

Anteriormente nos preocupaban los efectos del ruido en los sistemas analógicos de comunicación. Ahora se considera un aspecto diferente. En lugar de señales mensaje continuas en tiempo y continuas en nivel, nos preocuparemos de la transmisión de información procedente de fuentes que producen símbolos discretos.

El propósito de este capítulo es el de considerar algunos sistemas para la transmisión de datos digitales y su funcionamiento relativo.

Aunque muchas de las fuentes dan por resultado señales inteligentes que son inherentemente digitales, como son el teletipo y las señales de las computadoras, es a menudo ventajoso representar señales analógicas en forma digital (las que se conocen como conversión analógico-

digital) para la transmisión y luego convertirlas de nuevo a forma analógica en la recepción (lo que se conoce como conversión digital-analógica). La modulación por pulsos codificados (PCM), es un ejemplo de una técnica de modulación que se puede emplear para transmitir mensajes analógicos en forma digital.

Sin que importe que una fuente sea puramente digital o una fuente analógica que se haya convertido a digital, puede ser provechoso añadir o quitar dígitos redundantes de una señal digital. Estos procedimientos, conocidos como **codificación**, se llevan a cabo por medio de los bloques de codificación y decodificación.

Si las señales digitales a la entrada del modulador toman uno de los dos únicos posibles valores, el sistema de comunicación se conoce como binario. Si está disponible uno de los posibles valores, $M > 2$, se conoce como un sistema de grado M . Para la transmisión a larga distancia, esas señales digitales de banda base, procedentes de la fuente, pueden modular una portadora antes de la transmisión. El resultado se conocerá como manipulación por cambio de amplitud (ASK), manipulación de variación de fase (PSK), o manipulación por cambio de frecuencia (FSK), ya sea que se varíe la amplitud, la fase o la frecuencia respectivamente, la que se varía de acuerdo con la señal de banda base. Para todos estos casos existen dos modalidades: de tipo coherente y de tipo no coherente. El término coherente se refiere a que el receptor utiliza la información de fase de la portadora para llevar a cabo el proceso de detección presentándose un llamado "amarre" de fase entre el receptor y la señal entrante. Como es de esperarse, la detección no coherente por lo general reduce la complejidad del sistema, pero a costa de incrementar el parámetro de probabilidad de error. A veces se emplean esquemas más complejos de modulación digital, pero se limitará la atención, a éstos tres.

incrementar el parámetro de probabilidad de error. A veces se emplean esquemas más complejos de modulación digital, pero se limitará la atención, a éstos tres.

Las formas de onda típicas transmitidas para estos tres tipos de modulación digital, se muestran en la figura 2.1

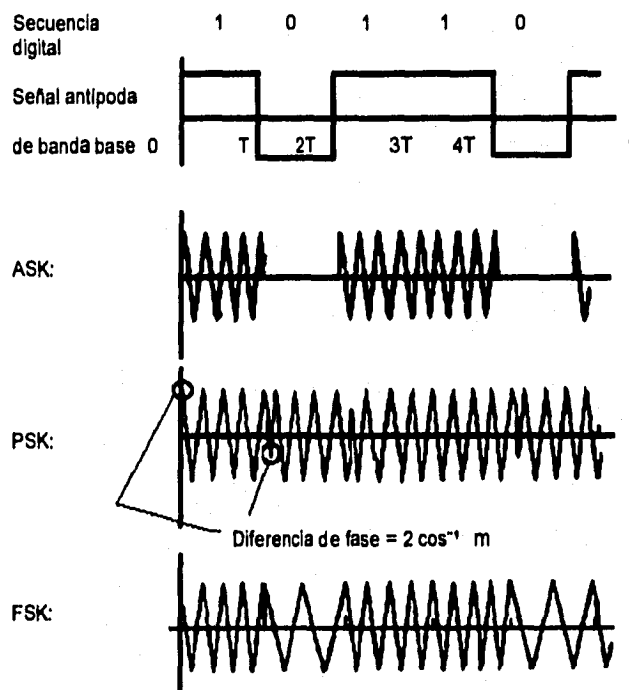


Fig. 2.1 Formas de onda para modulación ASK, PSK y FSK.

Los sistemas de comunicación digital pasabanda, pueden ser divididos dentro de 2 categorías principales: sistemas digitales binarios y multiniveles (más de 2 niveles) de sistemas digitales.

Las señales técnicas más comunes de pasabandas binarias están ilustradas en la fig. 2.2.

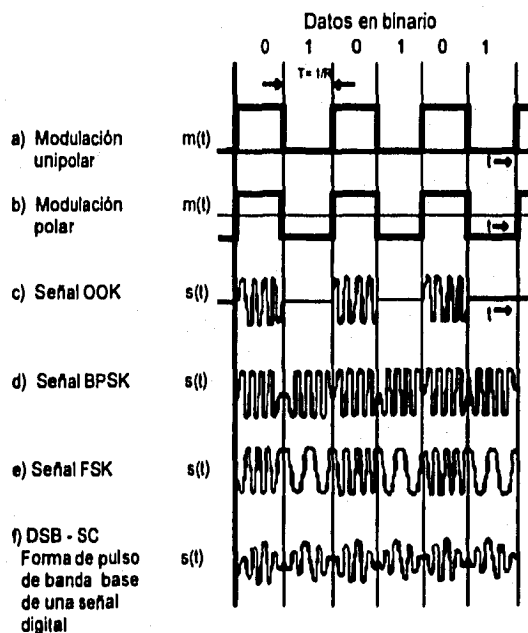


Fig. 2.2 Señales moduladas digitalmente con pasabanda.

1. **On-off Keying (OOK)**, también llamada **Manipulación por cambio de amplitud (ASK)**. Consiste en manipular la portadora senoidal encendiendo y apagando con una señal unipolar binaria idéntica a la modulación unipolar binaria en una señal DSB-SC. La OOK es una de las primeras técnicas de modulación utilizadas que precedieron a los sistemas analógicos de comunicación.

2. **Manipulación de cambio de fase binaria (BPSK)**. Esta consiste en manipular la fase de una portadora senoidal 0° ó 180° con un signo unipolar binario. Esto es equivalente a producir señales PM con una forma de onda digital y es equivalente a modular una señal DSB-SC con una forma de onda digital polar.

3. **Manipulación por cambio de frecuencia (FSK)**. Consiste en manipular la frecuencia de una portadora senoidal desde una frecuencia marcada (corresponde por ejemplo a enviar un 1 binario) una frecuencia espaciada (corresponde al envío de un cero binario) de acuerdo a la señal de la banda base. Esto es idéntico a modelar una portadora FM con una señal digital binaria.

MANIPULACION POR CAMBIO DE FRECUENCIA (FSK)

La manipulación por cambio de frecuencia (FSK) es una forma de modulación de frecuencia en la cual los saltos de la onda de modulación de salida entre dos frecuencias predeterminadas usualmente marcan la señal y el espacio de la frecuencia. Este puede ser considerado como un sistema FM, en el cual la frecuencia portadora está a la mitad, entre la señal y el espacio de las frecuencias y este es modulado por una onda rectangular como se muestra en la figura 2.3. La condición de la señal ocasiona que la frecuencia portadora aumente en 42.5 Hz, mientras que la condición de espacio resulta en 42.5 Hz, saltos hacia abajo. De esta manera la frecuencia del transmisor es constantemente cambiada por 85 Hz, como si éste estuviera regulado. Este salto de 85Hz es el estandar para la banda angosta FSK, mientras un salto de 850Hz es el estándar para la banda ancha de los sistemas FSK.

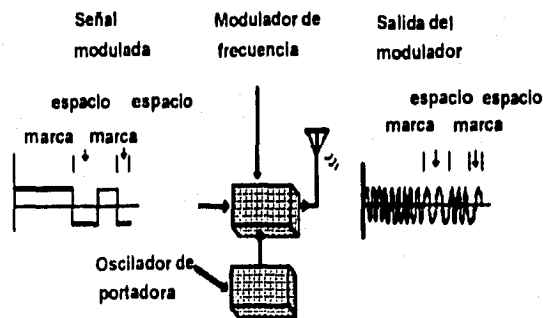


Fig. 2.3 Transmisor FSK

En la práctica la mayoría de los sistemas de banda angosta FSK se utilizan en un canal de muchos KHz mientras que la banda ancha FSK se emplean a 10-20 KHz. A causa del angosto ancho de banda concierne, los sistemas FSK ofrecen solamente ligeras mejoras en la ejecución del sonido sobre los esquemas de modulación de dos tonos de AM. Sin embargo, el gran número de bandas laterales transmitidas en FSK permite mejores características en la ionósfera que los dos tonos de los esquemas de la modulación de AM.

CONMUTADOR DE DESPLAZAMIENTO DE AMPLITUD (ASK).

En el conmutador de desplazamiento de amplitud, la amplitud de una señal portadora de alta frecuencia se alterna entre dos o más valores en respuesta al código PCM. En el caso binario, la elección habitual es el conmutador encendido-apagado (abreviado a veces OOK). La onda de amplitud modulada resultante consiste en pulsos RF, llamados **marcas**, que representan el binario 1, y **espacios** que representan el binario 0. En la figura 2.4, se muestra una onda ASK para un código PCM dado. Como en la AM, el ancho de banda básica se duplica en el ASK.

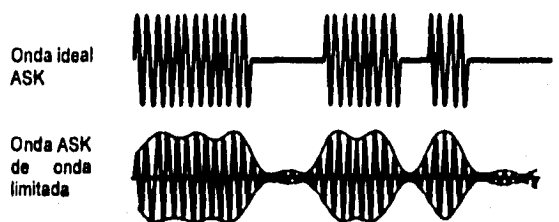


Fig. 2.4 Onda binaria ASK

El sistema ASK es equivalente a un sistema encendido-apagado de banda básica en términos de la razón señal a ruido medio para una probabilidad de error dada. Sin embargo, la razón señal pico a ruido se multiplica por dos (es decir aumenta 3 db).

CONMUTADOR DE DESPLAZAMIENTO DE FASE (PSK).

Aunque en la característica de operación FSK se obtuvo una distribución simétrica respecto a cero, no pudo obtenerse el rendimiento de probabilidad de error superior del sistema polar de banda básica.

En el caso del conmutador de desplazamiento de fase, la fase de la señal portadora se alterna entre dos (o más) valores en respuesta al código PCM. Para PCM binaria, es conveniente un desfase de 180° porque simplifica el diseño del modulador y por ello se emplea a menudo.

Junto con el rendimiento superior del PSK está la desventaja de la necesidad de detección sincrónica porque la información está en fase. Una ventaja de retener un componente portador en la onda PSK es que se puede usar para recibir sincronización.

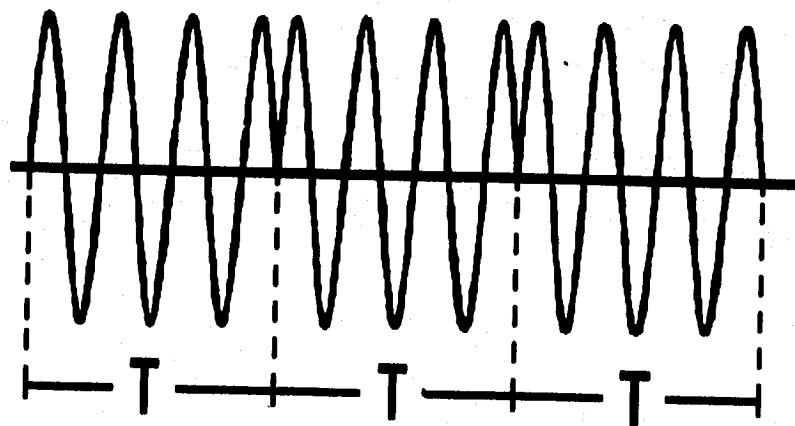


Fig. 2.5 Onda PSK

CAPITULO III

TECNICAS DE ACCESO

El **acceso múltiple** se define como la capacidad de un gran número de estaciones terrenas para interconectar sus enlaces de comunicación correspondientes a través de un satélite común.

El acceso al ancho de banda del transponder, compartido al menos por dos estaciones terrestres (una transmite y otra recibe), se lleva a cabo con la técnica conocida como **acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA)**. Esto es, los circuitos de las diferentes estaciones terrenas operan en distintas frecuencias, según las subbandas asignadas para cada uso y para transmisión/recepción. Pero no se aplica únicamente la técnica FDMA con FM, sino que se tiene planificado impulsar la que hasta ahora ha tenido poco uso, la de **acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)**. Esta última técnica no necesariamente es con duración regular del intervalo asignado para transmisión de cada usuario origen a determinado usuario destinatario, ya que puede haber cierto plan preestablecido de asignación estadística del medio de transmisión: lo cual dependerá de la demanda de servicios y tendrá la finalidad de aprovechar mejor todo el ancho de banda del medio de transmisión, es decir, será **acceso múltiple por división de tiempo y asignación por demanda (DAMA o DATDMA)**.

Para una mejor comprensión de lo anterior recordaremos el principio del multiplexaje por división de tiempo (TDM); los datos de un usuario (canal) y sólo uno, son los que están fluyendo en el medio

durante un intervalo de tiempo, después el medio de transmisión lo ocupará otro par de usuarios en la sucesión, porque uno transmitirá y otro recibirá.

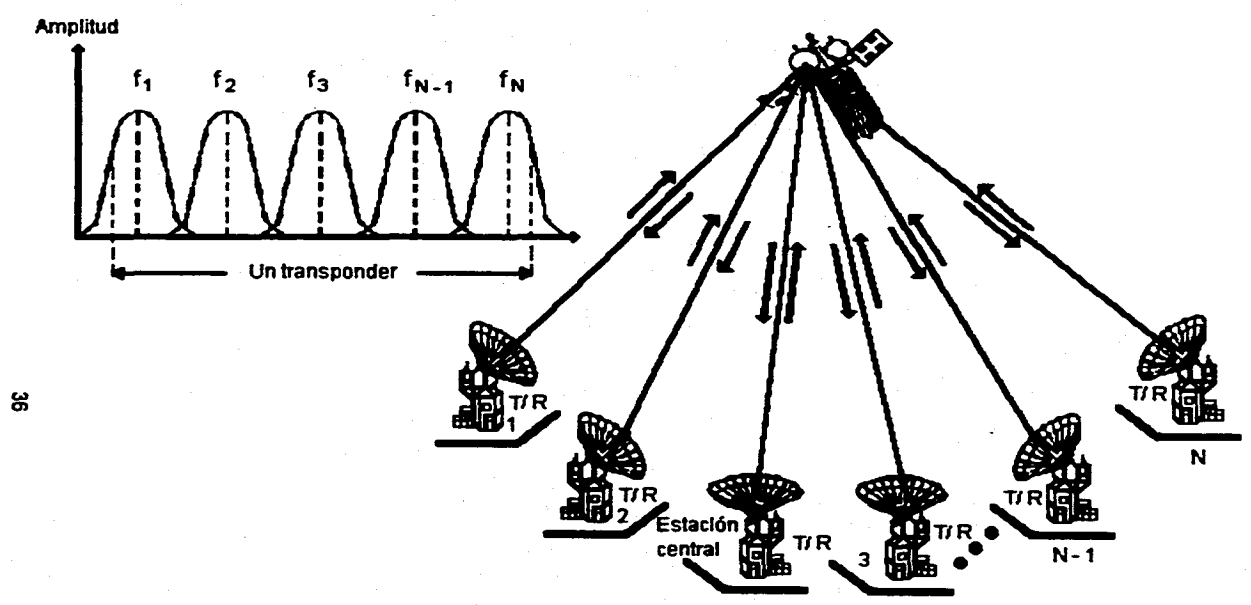
En las comunicaciones mediante satélites hay intervalos de silencio que no pasan inadvertidos, porque varía de 72,000 a más kilómetros la distancia que tienen que recorrer las ondas electromagnéticas desde el punto transmisor al receptor terrestre. Toma poco más de 500 ms., para que una señal viaje de una antena terrena a otra cuando se utiliza como relevo un satélite. Así, para aumentar la distancia entre esos puntos de enlace, que rebasan por mucho el límite de vista sin estaciones repetidoras a lo largo de la superficie terrestre, tiene otras exigencias técnicas y económicas. Para lograrlo, se necesita suficiente potencia de transmisión para que, a pesar de pérdidas del orden de 200 dB, las señales todavía sean detectables en medio del ruido.

Además de las dos técnicas de admisión múltiple mencionadas anteriormente, hay una tercera opción llamada acceso múltiple por división de código (CDMA). Debido al uso tan importante que ahora tienen y más sobresaliente será el que desempeñarán en las telecomunicaciones del futuro. Regresaremos a esas dos técnicas principales de entrada numerosa de señales en el ancho de banda de un satélite.

ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIAS (FDMA).

Para conducir el tráfico en esta opción se utilizan los modem con sintetización de frecuencias y numerosas portadoras de RF; esto es en super alta-frecuencia (SHF). Esas ondas portadoras son en frecuencias de subcanal dentro del ancho de banda de un transponder de satélite. La técnica se basa en la práctica que se ha ejercido y probado satisfactoriamente en telefonía por sistemas de microondas, donde se forman grupos y supergrupos aprovechando el multiplexaje por división de bandas de frecuencia. Fue la primera técnica de acceso múltiple y todavía domina las comunicaciones mundiales por satélite. Es una extensión moderna de FDM (frequency Division Multiplexing) y se divide en:

- a) **Multi-Channel-Per-Carrier (MCPC) o Canales numerosos de usuario por portadora.** Indica tráfico de multiusuario en una onda portadora de canales de estación transmisora/receptora. En instalaciones de gran capacidad el concepto se extiende incluso a multiplexaje de portadoras de señales FDM, a la salida de los grupos formados. Cada portadora puede modularse en frecuencia (FM/FDMA) o en fase (PM/FDMA) en función de las señales sucesivas entrantes. En esta categoría se puede dar solución a condiciones de tráfico intenso que justifiquen instalar sistemas FDMA con modulación digital (TDM/FDMA). Esto es, combinando multiplexaje por división de tiempo, cuyas señales digitales sucesivas pueden producir modulación de frecuencia o de fase de una onda portadora, donde se siga el principio de las técnicas conocidas como FSK y PSK.



36

Fig. 3.1 Transmisión (FDMA / SCPC) de un punto a multipunto en ambos sentidos (dúplex integral o bien semidúplex) entre nudo central y estaciones remotas.

- b) **Single-Channel-Per-Carrier o Canal solo de usuario por portadora.** En algunos países se utiliza con modulación de frecuencias (FM), en tanto que en otros se han establecido métodos que efectúan modulación digital como PSK y PCM.

A continuación listaremos los pros y contras de FDMA:

- Un análisis de costos utilizando esta opción a lo largo de etapas integrales de proyectos, puede decirse que tiene costos iniciales relativamente bajos. Este valor del uso del satélite se eleva debido al segmento espacial aprovechando, las bandas estimadas de protección y las necesarias para los enlaces de subida y de bajada.
- Es apropiada para troncales de mucho tráfico en redes de punto a punto. Es en estas condiciones donde hay gran oportunidad y justificación para emplear la técnica MCPC, en la cual es posible incrementar la capacidad del sistema de comunicación mediante el método digital (TDM/FDMA). Cuando la necesidad de comunicaciones se satisface con red para menos de 16 canales de usuario, entonces se opta por SCPC o sea, 16 portadoras de punto a punto o si el enlace es terrestre y la distancia es corta, 16 líneas es el medio de transmisión adecuado.
- Es posible eludir el repetidor (digital) cuando la transmisión es analógica, y tanto la potencia como la longitud en el medio de transmisión se satisfacen en relación directa. Hay influencias atmosféricas, como la lluvia, que ocasiona desvanecimientos.

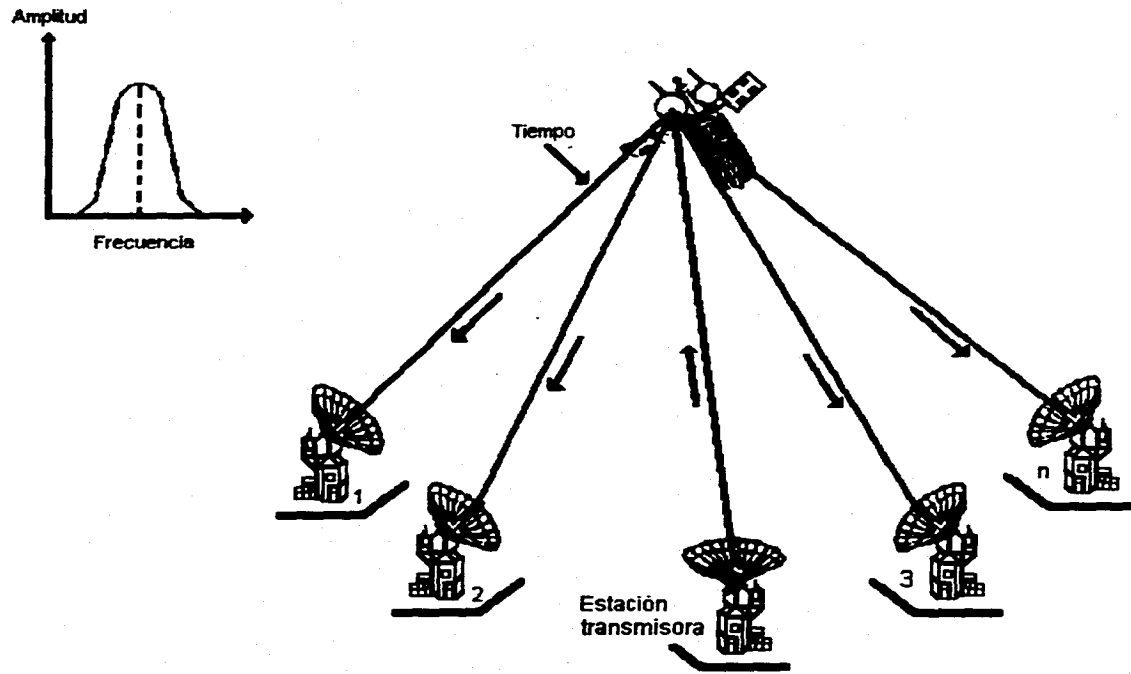


Fig. 3.2 Transmisión "simplex" o en un solo sentido. Las estaciones 1, 2, ..., n-1, n son unicamente para recepción.

- En comunicaciones mediante satélite de relevo, el enlace entre dos o más estaciones terrenas es independiente del buen o mal funcionamiento de los enlaces entre las estaciones restantes. Ello se cumple, excepto cuando falle el equipo en la estación terrena que tenga el control centralizado y obviamente, el del satélite. Lo anterior significa que, debido a lo complicado que resulta efectuar ampliaciones a todo un sistema ya establecido, el crecimiento posible en el número de enlaces se debe programar a priori, considerándolo como fijo en un límite preestablecido. De esta manera, se podrán construir e instalar más estaciones, en función de los recursos que estarán disponibles durante el período previsto, hasta utilizar (de manera óptima) toda la capacidad previamente conocida.

- De lo anterior se puede deducir que el método para la operación efectiva del FDMA es poco flexible cuando se planean modificaciones al programa original ya establecido. Esto atañe tanto a las atribuciones de frecuencias portadoras, las cuales son decisiones delicadas dentro de las políticas nacionales y acuerdos Internacionales de uso del espectro electromagnético, como a las componentes esenciales de los equipos de propósito dedicado.

- Como en el multiplexaje por división de banda de frecuencias, las subbandas (1 o 2 por cada estación terrena), o subcanales en que se divide una banda, ante todo el ancho de banda o intervalo de frecuencias asignado a un transponder de satélite para operar a una determinada región geográfica, pueden ser parcial o totalmente utilizables de manera simultánea y sin límite de tiempo en el protocolo de

comunicación, no se necesita sincronización en las transmisiones del conjunto de estaciones. Tales particularidades también son inferidas en afirmaciones hechas anteriormente.

Si las transmisiones son de voz o de video mediante sistema analógico integral, hasta ahora no ha habido necesidad de incluir equipo digital; y menos aún de sistema(s) de computador(as) digital(es) como pieza(s) indispensable(s) en el control y/o sincronización de red(es), porque generalmente en esta opción de comunicaciones no es necesario. No obstante, sí se utiliza equipo digital cuando se emplea TDM/FDMA. En otras palabras, no son necesarias computadoras en los extremos que tengan que incluirse sistemáticamente para efectuar el control de las transmisiones en la red. Sin embargo, sí pueden resultar de gran conveniencia cuando se utilicen asociadas al (los) procesador(es) de la(s) red(es), en un plan de comunicaciones de gran capacidad así como extensión territorial.

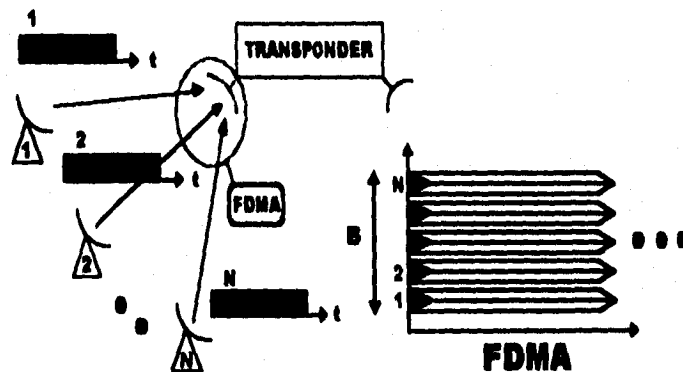


Fig. 3.3 Acceso múltiple por división de frecuencia

ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO (TDMA)

Esta práctica es un tanto nueva en sus aplicaciones civiles debido a que estuvo restringida para uso militar durante algún tiempo. Es un adelanto tecnológico que ha sido relevante en las comunicaciones eléctricas modernas y con mucho porvenir en la sociedad futura con servicios automatizados integrados. Sus aplicaciones sobresalientes están enfocadas a optimizar la utilización de algunos recursos de un satélite artificial; operando éste como una forma análoga de como se comparte la CPU de una computadora de multiusuarios operando por compartimiento de tiempo.

- En el MTD, multiplexaje por división de tiempo (o TDM en inglés) se concede un subintervalo de tiempo a cada usuario y, en este caso, los múltiples usuarios llenarán un intervalo asignado a una estación o terminal terrena. El intervalo puede ser variable si el multiplexaje es irregular o estadístico; aceptando esta última opción como una técnica más complicada o sofisticada. En circunstancias normales, la mayoría de las aplicaciones de TDMA utilizan intervalos de duración fija, esto es, multiplexaje regular. Así cada estación transmite o recibe una ráfaga (que puede estar formada con subráfagas de diferentes usuarios) de señal en su respectivo turno dentro de un conjunto de estaciones, permaneciendo luego en espera sin transmitir señales de usuarios. De esta manera se evitan colisiones de las diferentes ráfagas; aunque también podrían argumentarse inactividad de canales, traducido a ineficiencia del sistema.

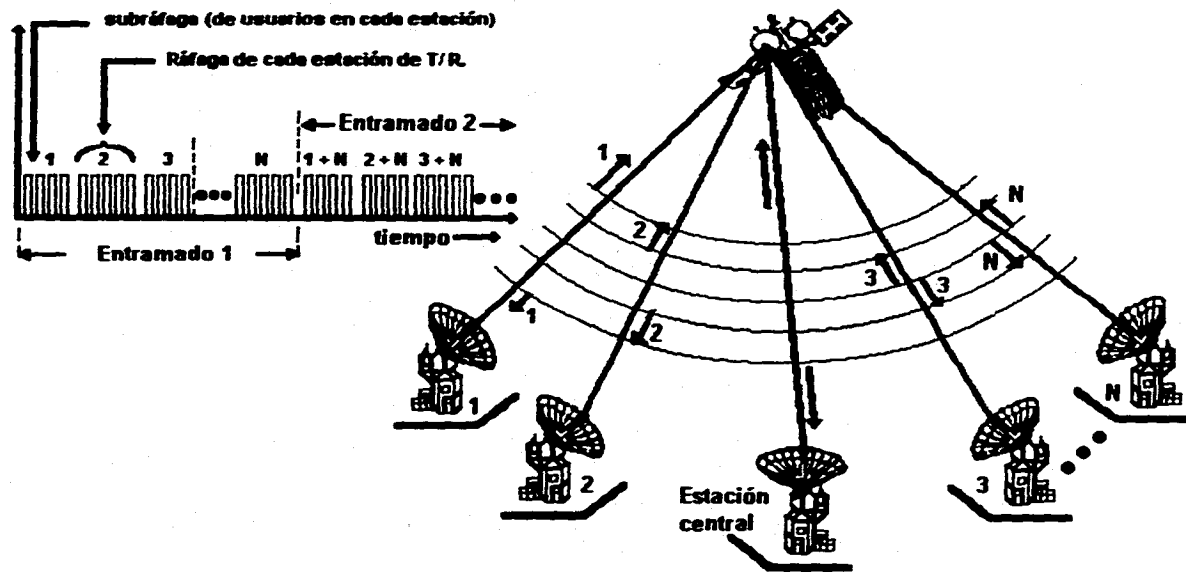


Fig. 3.4 Esquema del principio del comportamiento de un transponder de satélite mediante la técnica TDMA/MCPC/PSK.

Cuando todas las estaciones del conjunto o red de terminales han usado su corto intervalo de tiempo asignado, se dice que se ha completado un ciclo en la práctica que cada instalación de acceso tiene de transmitir o recibir su ráfaga de energía electromagnética. A ese ciclo, teniendo en cuenta los cortos intervalos de tiempo muerto (o más bien de protección), que deben separar a cada ráfaga consecutiva para evitar traslapos, se le llama también; **entramado, armazón, cuadro o esqueleto del protocolo de señalizaciones**. Como parte de ese ciclo sólo una estación terrena tiene acceso al repetidor en el satélite durante el intervalo correspondiente; continuando las restantes, una tras otra, en transmisión/recepción de su ráfaga de energía, respetando una secuencia ya prevista.

Sin entrar en detalles particulares de las diferentes categorías de TDMA, dentro de transmisión/recepción en banda ancha (cuando el canal compartido ocupa todo el ancho de banda del transponder), o en banda estrecha (cuando el canal utilizado ocupa alguna subbanda de aquellas en las que se puede dividir todo el ancho de banda del transponder), y tampoco de las componentes que pueden integrar cada una de las partes básicas, entre otros renglones que pueden caracterizar a esta técnica se incluyen los siguientes:

- Durante intervalos separados, cada estación terrena tiene acceso a la capacidad (ancho de banda y potencia) disponible del transponder permitiendo así, que éstas usen la misma banda para transmitir sus ráfagas. Igualmente, podría usarse otra banda común a todas para recepción de ráfagas, lo cual limitaría el ancho de banda del receptor.

- Sus costos iniciales son mayores que los de FDMA, pero han seguido la tendencia de baja significativa por el abaratamiento continuo, aunado al aumento en la capacidad y calidad de los dispositivos digitales.
- Comparando el FDMA con la portadora, en el TDMA se logra mayor capacidad. Hay más oportunidad de minimizar equipo, principalmente el que corresponde a instalaciones en tierra, así como mejorar la eficiencia de operación de las partes instaladas en el satélite.
- Es compatible con las tecnologías digitales avanzadas y con un poco de esfuerzo adicional, resultará relativamente fácil de adaptar a nuevos planes de mejora en las comunicaciones por satélite.
- Aunque el tiempo de respuesta es predecible y satisfactorio, al aumentar el número de estaciones se incrementa el retraso en la respuesta. A mayores derechos a prioridades de transmisión y recepción, mayor será el costo de utilización de satélite.
- En operación parcial o plena capacidad no es tan difícil su adaptación a cambios, pues en tiempo real se puede modificar la rapidez de transmisión de datos, así como efectuar asignación de acceso y tiempo de usuario según sea la demanda de servicio. En los casos de FDMA esto es más difícil porque en vez de control por programa como es aquí el caso, se tendrían que hacer cambios e incorporaciones de equipo para diferente capacidad de transmisión.

- Las estaciones terrenas en recepción utilizan un mapa de conexiones para seleccionar el tráfico dirigido a cada una de las del conjunto; por lo tanto, no es necesario un esquema o lógica compleja para encaminar desde el origen y decodificar en el destinatario de las señales. El control de la transmisión/recepción en la red, es decir, tanto la distribución del tráfico como la sincronización de las computadoras en los extremos, así como la selección de estaciones, se establecen mediante una computadora central coordinada con la estación ordenadora (master).

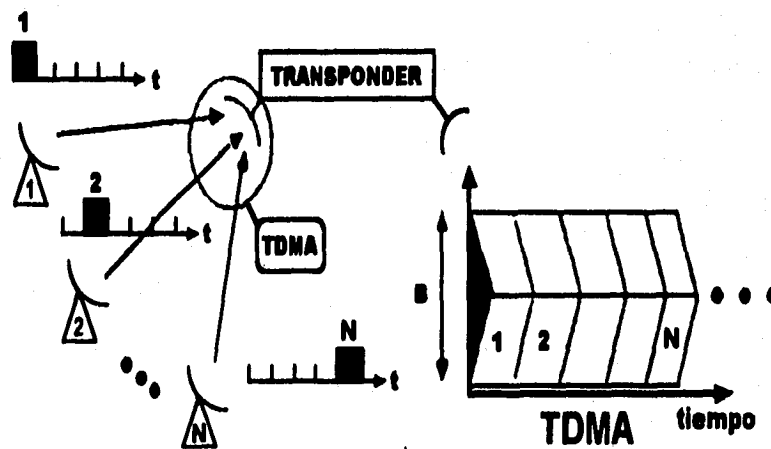


Fig. 3.5 Acceso múltiple por división de tiempo.

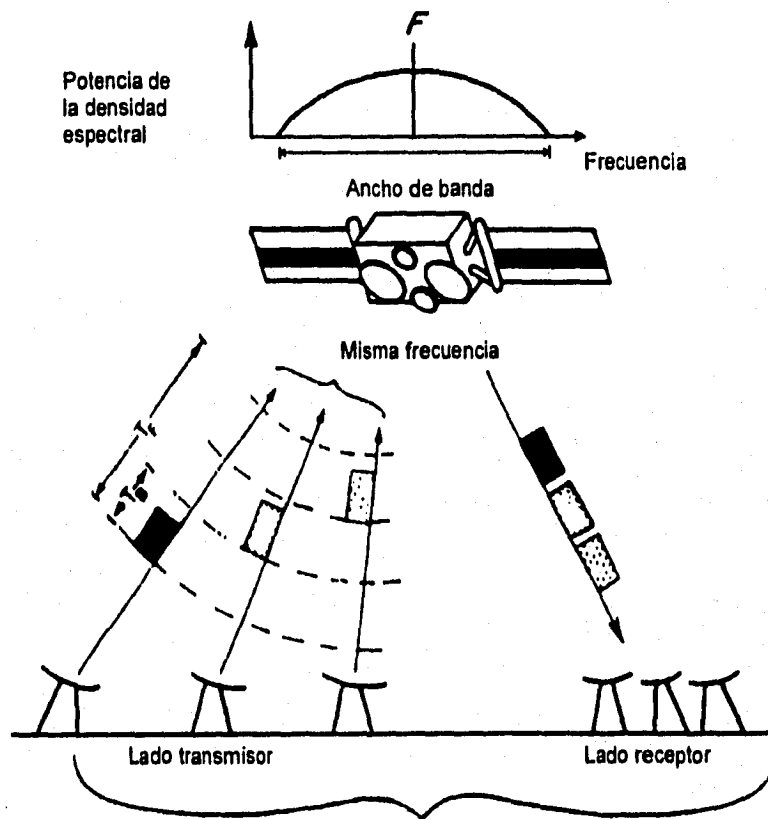


Fig. 3.6 Operación de una red de acuerdo al principio de acceso múltiple por división de tiempo

ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE CODIGO (CDMA).

Es una técnica dedicada a aquellas aplicaciones en las cuales se tiene un gran interés por maximizar la seguridad de las transmisiones. La seguridad en este sentido es hacer muy difícil la eventualidad de sintonizar y detectar las transmisiones durante un tiempo mayor en un corto intervalo prefijado.

Esta es una técnica que combina FDMA con TDMA. Además, que aparentemente, hay unos intervalos de desperdicio de tiempo muerto en el dominio de éste o bien, de protección de bandas en el dominio de la frecuencia. Sin embargo, son de gran utilidad y precaución, porque permiten el desvanecimiento del fenómeno transitorio al conmutar de una frecuencia portadora a otra y porque además, protegen el transiapa de las señales en ambos dominios. En los intervalos temporales a las señales del código de selección y/o las señales de sincronización en la(s) terminal(es) receptor(as), las cuales pueden ser enviadas desde la computadora que es la que tiene el control centralizado.

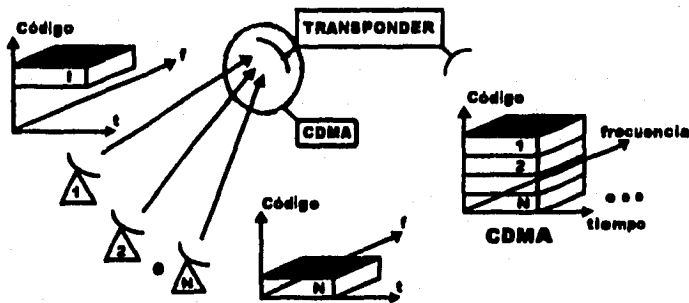


Fig. 3.7 Acceso múltiple por división de código.

TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE

TIPO	CARACTERISTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
FDMA	<ul style="list-style-type: none"> • SEÑALES ENVOLVENTES CONSTANTES • MODULACION ANGULAR (ANALOGICA O DIGITAL) • SEPARACION POR FILTRACION 	<ul style="list-style-type: none"> • INTERFASES SIMPLES CON FACILIDADES ANALOGICAS TERRESTRES • NO NECESITA SINCRONIZACION • EQUIPO SENCILLO EN LA ESTACION TERRESTRE 	<ul style="list-style-type: none"> • RUIDO EN LA INTERMODULACION EN LOS AMPLIFICADORES NO LINEALES QUE REDUCE LA CAPACIDAD DE COMUNICACION • SE REQUIERE DESCARGA • SE NECESITA COORDINACION DE POTENCIA DE ENLACE ACTIVO • DIAGRAMA DE TRANSMISION DIFICIL DE RECONFIGURAR
TDMA	<ul style="list-style-type: none"> • EXPANDER DESDE Y A DIFERENTES ESTACIONES NO ADICIONADAS • SOLAMENTE PRESENTA UNA EXPANSION A UN TIEMPO DADO • SEPARACION POR RANURAS DE TIEMPO 	<ul style="list-style-type: none"> • INTERFASES SIMPLES ADECUADAS CON FACILIDADES TERRESTRES DIGITALES • LOS AMPLIFICADORES DE POTENCIA OPERAN CERCA DE SATURACION Y ALTA EFICIENCIA • ELEVADA CAPACIDAD DE COMUNICACION • NO NECESITA CONTROL DE POTENCIA Y COORDINACION • PLAN DE TRANSMISION FLEXIBLE 	<ul style="list-style-type: none"> • NECESARIA LA SINCRONIZACION COORDINADA • EQUIPO COMPLEJO EN LA ESTACION TERRESTRE • REQUIERE DE CONVERSION ANALOGICA/DIGITAL Y DIGITAL/ANALOGICA
CDMA	<ul style="list-style-type: none"> • SEÑALES ENVOLVENTES CONSTANTES • CADA ACCESO TOMA EL ANCHO DE BANDA DEL TRANSPONDEDOR TOTAL • SEPARACION POR CORRELACION 	<ul style="list-style-type: none"> • ESPECTRO EXPANDIDO QUE PREVIENE CONTRA LA INTERFERENCIA 	<ul style="list-style-type: none"> • REQUIERE SINCRONIZACION • CAPACIDAD DE COMUNICACION LIMITADA • CALIDAD DE SEÑAL QUE SE AGRAVA CUANDO EL NUMERO DE ENTRADAS AUMENTA • REQUIERE COORDINACION DE POTENCIA

CONCLUSIONES.

Los sistemas de comunicación por satélite son sistemas de relevo de microondas, similares a su contraparte terrestre. Excepto en raros casos, hay un estación repetidora intermedia.

Un voltaje continuo de amplitud y frecuencia arbitrarios no transmite información (datos). Sin embargo, si el voltaje puede interrumpirse o la amplitud alterarse para que quede como una serie de pulsos que correspondan a alguna clave conocida, entonces la señal osciladora puede transmitir cierta información. En las comunicaciones de datos, este voltaje oscilatorio continuo se conoce como **señal portadora** o sencillamente **portadora**. Esta portadora puede alterarse de muchas maneras. El proceso de cambiar alguna característica (amplitud, frecuencia o fase) de una señal portadora para transmitir información útil empleando esa señal, se conoce como **modulación**. Los métodos más comunes de modulación son: modulación de amplitud, de frecuencia y de fase.

El método más simple es la modulación de amplitud que consiste en variar la magnitud de la señal de cero, que representa un cero binario a un valor de voltaje pico-pico determinado, que representa un uno binario. La modulación de amplitud es adecuada para la transmisión de datos y permite usar con eficiencia el ancho de banda disponible de una línea de grado de voz; es usada normalmente para muy bajas velocidades de transmisión de datos. También es empleada junto con la modulación de fase para obtener una modulación de alta velocidad de fuentes digitales de datos.

La modulación de frecuencia se refiere a que tan frecuentemente se repite una señal a una amplitud dada; es decir la señal portadora se modula a distintas frecuencias. La modulación de frecuencia tiene la ventaja de que, durante la transmisión, es menos susceptible al ruido que la modulación de amplitud.

La modulación de fase comienza a reemplazar ahora a la modulación de amplitud y de frecuencias para la transmisión a alta velocidad porque le afecta todavía menos el ruido que a la AM o FM. En la modulación de fase, la fase de una señal portadora varía de acuerdo con los datos que quieren enviarse.

En las transmisiones a larga distancia las señales de banda base digitales, pueden modular una portadora antes de la transmisión. Las tres formas básicas de modulación digital son ASK, FSK y PSK; correspondientes a la AM, FM y PM de la modulación analógica. La manipulación por cambio de amplitud (ASK), que consiste en manipular la portadora senoidal encendiendo y apagando con una señal unipolar binaria. Cuando se usa la modulación de frecuencias para enviar información binaria de manera bipolar, se conoce como manipulación por cambio de frecuencia (FSK); en este sistema, la señal portadora se modula para representar un 1 o 0 binario. La técnica FSK es apropiada para dispositivos de baja frecuencia. En el caso de la manipulación por cambio de fase (PSK), la fase de la señal portadora se alterna entre dos o más valores.

La tecnología del satélite implica el uso de dos métodos que permiten efectuar esta comunicación fácilmente, distribuyendo también a múltiples usuarios. Estos métodos están basados en la multiplexación y son conocidos como: **acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA)** y **acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)**. Ambos métodos son empleados para aumentar la flexibilidad y eficiencia de los sistemas de satélite. En FDMA, el canal del transponder es dividido en subcanales y los distintos usuarios transmiten simultáneamente en su subcanal asignado. En TDMA, los distintos usuarios transmiten en un tiempo compartido base y cada uno usa el canal entero del transponder.

La principal ventaja de los sistemas de satélite radica en la amplia cobertura de la tierra. Una órbita sencilla del satélite, contiene varios canales repetidores, que es recíproco al extenso número de localidades distribuidas en la tierra.

GLOSARIO

AMPLITUD	Valor pico a pico de una señal senoidal
ANALOGICO	Término relacionado a la representación por medio de cantidades físicas que varían continuamente, por ejemplo voltajes y frecuencias variables, etc.
ANCHO DE BANDA (BW)	Es el intervalo de frecuencias a través del cual la magnitud de la respuesta permanece dentro de un rango de valores determinado.
ARMONICA	Sus frecuencias son múltiplos exactos de la frecuencia fundamental.
ASINCRONO	Que tiene un intervalo variable entre bits, caracteres o eventos sucesivos. En la transmisión de datos asincrónica, cada carácter se sincroniza individualmente, por lo general, con bits de arrancada y parada.

ATENUACION

La diferencia entre la potencia transmitida y la recibida debido a pérdidas en el equipo, líneas u otros dispositivos de transmisión .

AUTOSINCRONIZACION

Esta propiedad permite al receptor sincronizarse a nivel de bit con la señal de entrada, sin necesidad de que exista otra señal de sincronización.

BANDA ANCHA O SEÑAL MODULADA

La información a transmitir modula una forma de onda senoidal llamada portadora, la cual es transmitida del canal de comunicación.

BANDA BASE

La forma de onda a que se hace referencia son pulsos.

BAUD

Una unidad de velocidad de señal igual al número de condiciones o eventos de señal discretos por segundo.

BIT

Abreviatura de las palabras "binary digit" (dígito binario). Un solo carácter en un número binario. Un solo impulso en un grupo de impulsos. Una unidad de capacidad de información de un dispositivo de almacenamiento.

CANAL

Un camino para transmitir señales electromagnéticas. Es sinónimo de línea y eslabón (o enlace).

CANAL ANALOGICO

Un canal en el que la información transmitida puede tomar cualquier valor entre los límites definidos por el canal.

CARACTER

Un miembro de un conjunto de elementos sobre los que se ha llegado a un acuerdo y que se emplea para organizar, controlar o representar datos. Los caracteres pueden ser letras, dígitos, signos de puntuación u otros símbolos

CODIFICACION

Expresa una señal en un código diferente o ponerle restricciones a una señal digital.

CODIGO

Una transformación o representación de información de manera distinta, de acuerdo con algún conjunto de convenciones preestablecidas.

COHERENTE

Se llama así a un sistema digital, si está disponible una frecuencia local de demodulación, que esté en fase con la portadora transmitida.

COMPONENTE DE C.D.

La ausencia de componentes de baja frecuencia en una señal permite su acoplamiento en A.C. con otros sistemas.

**COMPRESION DEL ANCHO
DE BANDA**

Códigos como los de tipo multinivel aumentan el uso eficiente del BW disponible.

CUANTIZACION

Consiste en dividir el rango de amplitud de la señal en un número finito de valores discretos y dependiendo de la amplitud de la señal analógica, afinar el valor discreto más cercano para cada muestra.

DECIBEL (dB)

Es la relación o razón entre dos niveles de potencia existentes en dos puntos.

EFICIENCIA DE TRANSMISION

La relación, por lo general, expresada en términos de porcentaje, que se obtiene dividiendo la información útil transmitida entre la información total transmitida.

FASE

Relativo a la sincronización de una señal alterna. Dos señales pueden tener amplitud y frecuencias idénticas, pero pueden diferir en fase si una se atrasa con respecto de la otra en un valor que no sea un múltiplo exacto de la frecuencia.

FRECUENCIA

Número de períodos por segundo de un movimiento vibratorio.

FSK

Codificación por cambio de frecuencia. Un método de transmisión en que la frecuencia de la portadora se corre hacia arriba y hacia abajo de un valor medio de acuerdo con la señal binaria; una frecuencia representa un "uno" binario en tanto que la otra parte representa un cero binario.

HERTZ

Unidad de frecuencia que equivale a la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo período es 1 segundo.

MODULACION

La alteración en algunas características de una señal portadora imprimiéndole una señal de información.

MODULACION DE AMPLITUD

Forma de modulación en que se varía la amplitud de la portadora de acuerdo con el valor instantáneo de la señal moduladora.

MODULACION DE FASE

Forma de modulación en que se varía la fase de la portadora de acuerdo con el valor instantáneo de la señal moduladora.

MODULACION DE FRECUENCIA

Forma de modulación en que se varía la frecuencia de la portadora de acuerdo con el valor instantáneo de la señal moduladora.

MUESTREO

Consiste en tomar y analizar el valor que tiene una señal (muestra) a intervalos de tiempo regulares (velocidad de muestreo).

ONDA FUNDAMENTAL

Su frecuencia es exactamente la misma que la de la onda original.

PAM (modulada por amplitud de pulso)

Es la señal resultante del proceso de muestreo. Consiste en unas secuencias de pulsos cuya amplitud es aquella señal de entrada durante el lapso de muestreo.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

PERIODO

Espacio de tiempo después del cual se reproduce una señal.

PCM

Es la técnica y el nombre con que se conocen las señales de banda base obtenidas de la cuantización de señales PAM, codificando cada muestra cuantizada en una palabra digital de determinado número de bits en forma proporcional al número de intervalos de cuantización utilizados de acuerdo a $L=2^n$, con L =número de intervalos de cuantización y n = número de bits usado para representar digitalmente las muestras PAM.

PORTADORA

Una frecuencia continua que puede modularse con una segunda señal que lleva (porta) información.

RADIOFRECUENCIA

Frecuencia superior a 10,000 ciclos por segundo. Las ondas portadoras entran en la radiofrecuencia.

SEÑAL ANALOGICA

Varían en forma continua en el tiempo, es decir, tienen un valor definido para cualquier momento.

SEÑAL DIGITAL

Una señal discreta o discontinua. Corresponde a los datos en forma de dígitos como ceros y unos.

SISTEMA SINCRONO

Si está disponible en el receptor una señal periódica que esté en sincronismo con la secuencia transmitida de señales digitales (conocida como reloj).

TRANSPONDER

Son repetidores de microondas portadoras de comunicaciones por satélite.

BIBLIOGRAFIA

MODERN ELECTRONIC COMMUNICATION

Miller, Gary
4a. Edición
U.S.A., 1993
Prentice Hall

PRINCIPIOS DE COMUNICACIONES

Sistemas, modulación y ruido
Ziemer, R.E., Tranter, W.H.
1a. Edición
México, D.F., 1988
Editorial Trillas

SISTEMAS ELECTRONICOS DIGITALES

Sánchez, Rafael
1a. Edición
México, D.F., 1993
Alfa-Omega

DIGITAL COMMUNICATIONS

Satélite/earth station engineering
Feher, Kamib
1a. Edición
U.S.A., 1983
Prentice Hall

DIGITAL AND ANALOG COMMUNICATION SYSTEMS

Couch, Leon W
2A. Edición
U.S.A., 1983
Macmillan

COMMUNICATION SYSTEMS

Carlson, Bruce
3a. Edición
U.S.A., 1986

DIGITAL COMMUNICATION SYSTEM DESIGN

Roden, Martin
1a. Edición
U.S.A., 1988
Prentice Hall

COMMUNICATION SATELLITE HANDBOOK

Morgan, Walter; Gordon, Gary
1a. Edición
U.S.A., 1989
John Wiley & Sons

PRINCIPLES OF COMMUNICATION SYSTEM

Taub, Herbert
Schilling, Donal
2a. Edición
U.S.A., 1986
Mc Graw Hill

DIGITAL AND ANALOG COMMUNICATION SYSTEM

Shanmugan, Sam
2a. Edición
U.S.A., 1985
John Wiley & Sons

MODERN ELECTRICAL COMMUNICATIONS

Stark Henry; Tuteur, Franz
2a. Edición
U.S.A., 1988
Prentice Hall

INGENIERIA DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

Freeman, Roger
1a. Edición
México, 1989
Noriega Editores