

22



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

“TRANSMISIÓN DE SEÑAL DE T. V. VIA SATELITE”

TRABAJO DE SEMINARIO

108332

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

FILEMON

CABRERA

RENTERIA

ASESOR : ING. JORGE RAMÍREZ RODRÍGUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

2001



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).

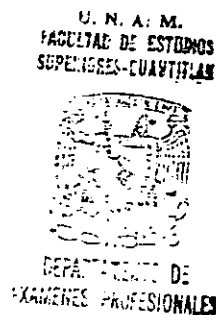
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE



ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

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

Transmisión de Señal de Tv. Vía Satélite

que presenta el pasante: Cabrera Renteria Filemon

con número de cuenta: 8857671-6 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

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

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 11 de Junio de 2001

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>I</u>	<u>Ing. Jorge Ramirez Rodríguez</u>	<u>Ramírez</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Vicente Magaña González</u>	<u>Vicente Magaña</u>
<u>III</u>	<u>Ing. Rodolfo López González</u>	<u>Rodolfo</u>

Agradezco:

A Dios por permitirme nacer en el seno de una familia.

A mis padres por el apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A mi esposa Martha y al pequeño Daniel por el sacrificio y apoyo para desarrollar este trabajo, gracias por todo su amor y comprensión.

A todos los profesores por sus enseñanzas.

A la Universidad por darme la oportunidad de desarrollarme en un ámbito profesional.

Filemón Cabrera Renteria

Temario.	Pagina
Introducción	3
Capitulo I	4
1.1 Espectro radioeléctrico.	
1.2 Ondas Electromagnéticas.	
Capitulo II	13
2.1 Los satélites	
2.2 ¿ Que es un Satélite?	
2.3 Clasificación de los satélites.	
2.4 Tipos de satélites.	
2.5 Pros y contras de las redes satelitales.	
Capitulo III	24
3.1 La señal de video	
3.2 Señal analógica	
3.3 Digitalización de la Señal de video.	

Capitulo IV	37
4.1 Modulación.	
4.2 Modulación en AM	
4.3 Modulación en Banda Lateral.	
4.4 Modulación en FM.	
4.5 Modulación ASK.	
4.6 Modulación FSK.	
4.7 Modulación PSK.	
Capitulo V	47
4.4 Multiplexaje	
4.5 Multiplexaje por División de frecuencia	
4.6 Multiplexaje por División de Tiempo	
Capitulo VI	51
5.1 Técnicas de acceso	
Conclusiones	60
Glosario	61
Bibliografía	63

INTRODUCCIÓN

El continuo avance de la Tv. Abierta en cuanto a cobertura se refiere, es sin duda una gran muestra de lo que los satélites pueden hacer posible en nuestros días, la comunicación con hospitales, industrias, escuelas y empresas que en algún momento requieren del apoyo de los satélites para enviar señal de video y audio no sería posible sin el apoyo de este importante componente en muchos de los sistemas de comunicación hoy vigentes.

La importancia de los satélites nos hace pensar en cualquier tipo de comunicación sin que la distancia represente un pero, desde una simple llamada telefónica hasta una millonaria transferencia bancaria.

Este avance en el campo de la radiodifusión requiere de ingenieros capacitados que puedan brindar el apoyo técnico indispensable para el desarrollo y operación de nuevas tecnologías.

El presente trabajo pretende ilustrar la forma en que opera una red de Televisión en donde todas sus estaciones retransmisoras se encuentran enlazadas a través de satélites, así mismo se hace una breve descripción del tratamiento que recibe la señal de video antes de ser enviada al satélite.

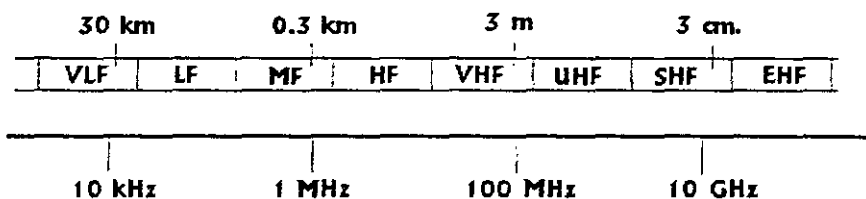
CAPITULO I

ESPECTRO RADIOELECTRICO

Bandas de frecuencia

Internacionalmente se ha dividido todo el espectro de frecuencia en las denominadas bandas de frecuencia. Esto se hace así para poder delimitar el acceso de los usuarios a estas bandas. Hay que mencionar que esta clasificación no es global y que algunos países difieren en su delimitación, pero en general podemos aceptarlas como generales.

Fig.1 Espectro radioeléctrico.



Como se puede observar en la parte superior se muestra la longitud de onda y en la parte inferior la frecuencia, obteniendo como resultado que mientras mas alta es la frecuencia mas pequeña es la longitud de onda. Un poco mas adelante se dará la explicación a esta situación.

El espectro radioeléctrico se subdivide en bandas radioeléctricas, que se designan por números enteros, en orden creciente. Dado que la unidad de frecuencia es el Hertzio (Hz), las frecuencias se expresan en :

- o Kilohertzios (KHz)
- o Megahertzios (MHz)
- o Gigahertzios (GHz)

Fig. 2 De manera mas explicita podemos ver la siguiente tabla.

Designación de Banda	Abreviación	Banda de Frecuencias
Very Low Frequency	VLF	30 KHz o menor
Low Frequency	LF	30 - 300 KHz
Meduim Frequency	MF	300 - 3000 KHz
High Frequency	HF	3 - 30 MHz
Very High Frequency	VHF	30 - 300 MHz
Ultra High Frequency	UHF	300 - 3000 Mhz
Super High Frequency	SHF	3 - 30 GHz
Extremely High Frequency	EHF	30 - 300 GHz

Las bandas de frecuencia más baja se reservan para las emisoras que transmiten en AM, mientras que las de FM transmiten sobre los 100 MHz.

La única banda que está libre para cualquier uso (como radiocontrol) y para cualquier persona es la banda de los 27 MHz. pero debido a esto está bastante saturada y sólo es conveniente utilizarla para practicar con montajes caseros y sistemas de poco alcance (no más de 100m).

No existe un limite de frecuencia exacta para definir cuando se trata de una microonda, ya que generalmente se utiliza un vocablo para indicar las ondas de longitud de onda mas pequeña que las ondas de VHF.

Considerando la señal de satélite como una extensión de las microondas nos referimos de manera genérica a las ondas UHF, SHF y EHF o bien para indicar las ondas de longitud mas pequeña que las UHF.

En el presente trabajo usaremos la palabra microonda para referirnos a las ondas UHF y SHF que guardan mucho parecido y cuyas características son similares.

Ondas Electromagnéticas

Las ondas de Radio son un tipo de ondas electromagnéticas, lo cual confiere tres ventajas importantes:

- No es necesario un medio físico para su propagación, las ondas electromagnéticas pueden propagarse incluso por el vacío.
- La velocidad es la misma que la de la luz. es decir 300.000 Km/seg.
- Objetos que a nuestra vista resultan opacos son transparentes a las ondas electromagnéticas.

No obstante las ondas electromagnéticas se atenúan con la distancia, de igual forma y en la misma proporción que las ondas sonoras. Pero esta desventaja es posible minimizarla empleando una potencia elevada en la generación de la

onda, además que tenemos la ventaja de la elevada sensibilidad de los receptores.

Generación y propagación de las ondas

Las ondas de radio son generadas aplicando una corriente alterna de radiofrecuencia a un antena. La antena es un conductor eléctrico de características especiales que debido a la acción de la señal aplicada genera campos magnéticos y eléctricos variables a su alrededor, produciendo la señal de radio en forma de ondas electromagnéticas.

Estas ondas se transmiten desde un punto central (la antena emisora) de forma radial y en todas direcciones, pero podemos diferenciar tres formas de transmisión:

- Onda de tierra: en principio las ondas de radio se desplazan en línea recta, atravesando la mayoría de los objetos que estén en su camino con mayor o menor atenuación. Las pérdidas por dicha atenuación dependen de la frecuencia de la transmisión y de las características eléctricas de la tierra o el material atravesado. En términos generales a menor frecuencia mayor es el alcance de la onda y cuanto menor sea la densidad del material más fácil será atravesarlo. Parte de esta onda es reflejada por la superficie terrestre.

- **Onda visual o directa:** es refractada en la baja atmósfera (refracción troposférica) debido a los cambios en la conductividad relativa en sus capas.
- **Onda espacial:** la atenuación en el aire es muy pequeña, lo que hace que la onda pueda alcanzar las capas altas de la atmósfera (ionosfera) y ser reflejada en su mayor parte de vuelta a tierra.

El mayor inconveniente que tendremos es que la transmisión de estos tres frentes no se hace a la misma velocidad, ya que las ondas reflejadas se retrasan con respecto a la onda directa, produciéndose un desfase que genera ruido (e incluso llegando a anular la onda si el desfase es de 180 grados). Para reducir este efecto hay que elevar la antena, ya que aumentando la altura se disminuye el ángulo de desfase.

Otro inconveniente es que en onda media la onda espacial no regresa a tierra durante el día pero sí durante la noche, debido a que la altura de la ionosfera se reduce. En cuanto a onda corta tenemos adicionalmente el inconveniente que a partir de una frecuencia crítica las ondas no son reflejadas a tierra y escapan al espacio.

Velocidad de Propagación y Longitud de Onda

Se requiere de un elemento creador de ondas, un medio de transmisión y un elemento receptor que reciben respectivamente el nombre de : Emisor, Medio y receptor. El movimiento de las oscilaciones al transmitirse en el medio es lo que llamamos **ondulación**.

La velocidad de transmisión de las ondas electromagnéticas en el aire como en el vacío se considera como 3×10^8 m/s, y se denomina como la velocidad de la luz.

La longitud de las ondas eléctricas en el vacío (espacio libre) se calcula con la siguiente ecuación :

$$\lambda = \frac{C}{f} = \frac{3 \times 10^8}{f}$$

En donde :

λ = Longitud de onda .

C = Velocidad de la Luz.

f = Frecuencia.

La velocidad de la luz varia en un medio con permitividad ϵ , permeabilidad μ , y tomando como base la formula principal, esa variación se representa asi :

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}}$$

Por lo que :

$$\lambda' = \frac{C}{f \sqrt{\epsilon \mu}} = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon \mu}}$$

La longitud de onda en la atmósfera ($\epsilon = 1$, $\mu = 1$) es casi igual a la de la onda de un espacio libre y la relación entre la frecuencia y la longitud de onda se muestra de la siguiente forma :

$$\lambda(\text{ m }) = \frac{300}{f} (\text{ MHz }) ; \lambda(\text{ cm }) = \frac{300}{f} (\text{ GHz })$$

Basándonos en el efecto de refracción en la ionosfera y en la capa terrestre es posible transmitir a largas distancias. Para ello debemos emplear ondas de gran energía y de baja frecuencia.

Métodos de transmisión

Hasta el momento hemos visto como se generan y propagan las ondas de radio, pero de nada sirve enviar una onda electromagnética si no lleva consigo el transporte de alguna información.

Un primer intento de aprovechar la transmisión de una onda electromagnética para enviar una información fué el Morse. El código Morse sustituye letras, números y signos ortográficos por puntos y rayas , lo cual equivale a interrumpir la señal en intervalos más o menos frecuentes. Un punto equivale a una señal de existencia corta y una raya a una señal de existencia un poco mayor.

Pero este sistema presenta rápidamente dos problemas:

- El receptor debe conocer el código Morse (lo que requiere un aprendizaje).
- No podemos transmitir información musical o visual.

La modulación

Este sistema, parte de dos ondas:

- Onda portadora: es la encargada de fijar la frecuencia de transmisión y es la que alteraremos para que transporte la información que queremos.
- Onda moduladora: es la onda que queremos transmitir (voz, música, datos, etc...).

El proceso de modulación se basa alterar de una forma determinada la onda portadora en función de la onda moduladora, obteniéndose como resultado final la onda modulada que será radiada.

Para ello nos basaremos en los dos parámetros más importantes de una onda:

- La amplitud.
- La frecuencia.

Este tema se tratara mas ampliamente en el capitulo IV.

CAPITULO II

LOS SATELITES

LOS SATELITES

La tecnología de redes satelitales, representada por satélites poderosos y complejos y el perfeccionamiento de las estaciones terrenas están revolucionando el mundo. Así por ejemplo, las extensas redes de Televisión abierta necesitaban de un medio de enlace mas económico y de manera directa para ligar sus estaciones repetidoras y cubrir de manera mas eficiente los núcleos poblacionales mas densos y ciudades mas lejanas que representaban de por si un alto costo dado los enlaces de Microondas y la fragilidad de los mismos; o bien la necesidad de interconectar terminales remotos con bases de datos centralizadas, de una manera veloz y eficiente, han conducido a una nueva tecnología conocida como "Very Small Aperture Terminal (VSAT)".

Estos nuevos sistemas, que utilizan antenas de muy pequeña apertura, constituyen una magnífica aplicación para sistemas comerciales, financieros, industriales y empresariales y representan oportunidades especiales para trabajos a nivel multinacional, dado que una sola estación central puede controlar cientos y hasta miles de pequeñas estaciones; con la gran ventaja que el beneficio de la economía de escala se traslada al usuario final.

Los nuevos desarrollos están convirtiendo a las comunicaciones móviles, en uno de los métodos de comunicación más eficientes y efectivos. Los sistemas móviles por satélite que entraran en funcionamiento, pueden conducir al establecimiento de redes mundiales que utilicen teléfonos portátiles.

Las principales limitaciones para las aplicaciones de estos nuevos servicios satelitales, no son tecnológicas sino las que surgen de la falta de una reglamentación armónica entre los países. Es decir, para todos estos servicios es sumamente importante la clara definición del marco regulatorio y de las

reglas de juego para facilitar su aplicación. La tecnología siempre trae consigo efectos no anticipados, por lo cual es difícil preveer el futuro.

¿QUE ES UN SATELITE ?

El satélite de comunicaciones es un dispositivo que actúa principalmente como "reflector" de las emisiones terrenas. Podríamos decir, que es la extensión al espacio del concepto "torre de microondas". Al igual que éstas, los satélites reflejan un haz de microondas que transportan información codificada.

Realmente , la función de reflexión se compone de un receptor y un emisor, que operan a diferentes frecuencias :recibe a 6GHZ y envía a 4GHZ, por ejemplo.

Existen satélites naturales y satélites artificiales que hacen ciertos trabajos tales como enviar y recibir señales de televisión , de teléfono, de fax entre otros.

Se distinguen dos clases de satelites :

Satelites activos. Provistos de cámaras fotográficas y de televisión, detectores de radiaciones y de meteoritos, radio, fuentes de energía eléctrica , etc. , equipo que depende de la función programada y del peso soportable.

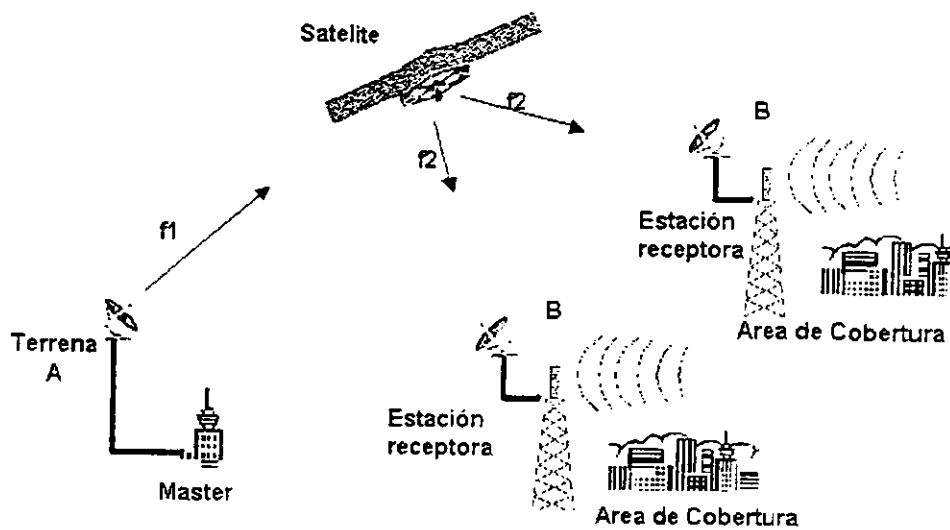
Satelites pasivos. No llevan en su interior ningun instrumento de medida y sus movimientos son estudiados desde la tierra.

Los satélites de comunicaciones emplean antenas en la frecuencia de microondas para recibir señales de radio procedentes de las estaciones transmisoras; esas señales son repetidas de vuelta a otras estaciones en tierra. El proceso se muestra en la figura . El satélite actúa como una estación repetidora. La estación A transmite señales de una frecuencia específica

(enlace ascendente) al satélite. El satélite, a su vez, recibe las señales y las retransmite hacia la estación terrestre B a la frecuencia del enlace descendente. La señal transmitida por el enlace descendente puede ser recibida por cualquier estación que esté dentro de la zona de cobertura. Las señales pueden ser voz, imágenes, transmisiones de datos o señales de televisión.

La capacidad de los satélites para transmitir y recibir se consigue gracias a un dispositivo denominado transpondedor. Los transpondedores de los satélites operan a frecuencias muy altas, generalmente del orden de gigaherzios. La mayoría de los satélites actuales emplean frecuencias en el rango de 6/4 gigaherzios. Otros satélites utilizan un ancho de banda mayor, y sus transpondedores operan en el rango de 14/12 gigaherzios. Como muestra la figura , la frecuencia que se utiliza para la transmisión de la estación terrestre al satélite es diferente de la que se utiliza para retransmitir desde el satélite a tierra. La señal del enlace ascendente se indica con f_1 , y la del enlace descendente con f_2 . Al operar con frecuencias diferentes, se evita que ambas señales se interfieran.

Figura 3. Comunicación por Satélite



CLASIFICACIÓN DE LOS SATÉLITES DEPENDIENDO DE LA ALTURA

Satélites GEO

GEO, Órbita geoestacionaria. Estos satélites proporcionan un continuo servicio de comunicación .

Los satélites GEO son útiles en comunicaciones locales. Ubicados sobre zona ecuatorial a una altura de 35.786 Km. Con la tecnología actual se pueden tener satélites espaciados cada 2 grados en los 360 totales del plano ecuatorial, sin presentar interferencia, por lo tanto pueden haber $360/2 = 180$ satélites de comunicaciones geoestacionarios a la vez.

Tres de estos satélites pueden cubrir el globo con excepción a ciertas partes cerca de los polos norte y sur. Si se ponen estos satélites encima del ecuador y siguen la dirección de la rotación de la Tierra, parecen estar en la misma situación a todo el tiempo. Dada la cobertura y uso de este tipo de satélites son los que utilizamos para establecer una red de Televisión en todo el país, para el caso de la Televisión Mexicana abierta los satélites utilizados son : Solidaridad II y Satmex V.

Satélites MEO

Satélites de las comunicaciones encima del polo norte y polo sur están en órbita elemento. Los Receptores de la tierra rastrean estos satélites y desde sus órbitas son más grandes que LEO tienen que quedar dentro de rango de los receptores por un periodo del tiempo más largo.

MEO, satélites ubicados alrededor de los 10.000 Km sobre la tierra, empleados generalmente en funciones de ubicación como localización automática de móviles LAM.

Satélites LEO

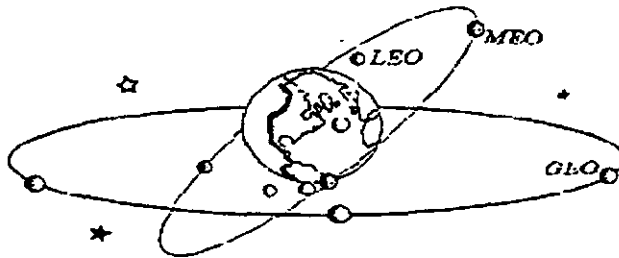
LEO, satélites de muy baja órbita. del orden de cientos de km, operando en la banda de 1 Ghz. El proyecto IRIDIUM (Motorola) pertenece a este grupo.

Un satélite en baja órbita de la Tierra rodea 100 a 300 millas sobre las Tierra. Desde está así cerca de la Tierra, el satélite debe viajar a velocidades muy rápidas, a veces a aproximadamente 17. 500 millas por hora. Toman sobre una hora y una mitad a órbita la tierra.

En los primeros 30 años de la era de los satélites, los de órbita baja fueron raramente usados para comunicaciones debido a que su movimiento era demasiado rápido y se perdía fácilmente de vista. En 1990 Motorola propone a la FCC un proyecto denominado Iridium, el cuál constaría de 77 satélites de órbita baja (el elemento 77 es el Iridium).

Los satélites son ubicados a una altitud de 750 km en órbitas circulares polares, ellos deben ser arreglados en lazos de norte a sur, con separación de 32 grados de latitud. Los enlaces ascendentes y descendentes deben operar en la banda D a 1.6. Ghz, haciendo posible la comunicación con el satélite. usando un dispositivo con batería de baja potencia.

Fig. 4 Tipos de Satélites.



TIPOS DE ORBITAS DE LOS SATELITES

Los actuales satélites tienen dos tipos de órbita: circular y elíptica.

Los satélites con órbitas circulares se mantienen más o menos a la misma distancia de la tierra pero su posición respecto a la superficie varía cada momento. Es la más común y conocida de las órbitas. Por lo general son en las que el satélite viaja de norte a sur o de sur a norte tratando siempre de permanecer frente al sol para cargar sus baterías.

Por su parte los satélites de órbitas elípticas tienen la característica que pueden permanecer más tiempo viendo un mismo lugar de la tierra y sus órbitas son mucho más largas y lejanas por lo que requieren de mayor equipo para trabajarlos.

PROS Y CONTRAS DE LAS REDES SATELITALES

Las comunicaciones vía satélite presentan algunas características que la hacen muy atractivas. En primer lugar, las capacidades de transmisión de los satélites son muy elevadas. Como operan en el rango de frecuencias de los gigaherzios, cada satélite admite varios miles de canales de voz.

Las comunicaciones vía satélite permiten cubrir áreas muy amplias. Por ejemplo, algunos satélites pueden cubrir todo México y Centro America con un solo transpondedor. Esta propiedad resulta sumamente atractiva para organizaciones con oficinas o delegaciones muy dispersas geográficamente por un país o incluso por todo el mundo (Ej. Cadenas de TV, Redes de Bancos, Etc..). Pero una cobertura tan amplia presenta problemas potenciales de seguridad, ya que una determinada organización podría interceptar las comunicaciones de otra sin más que sintonizar el canal apropiado. En consecuencia, muchos enlaces vía satélite utilizan medidas de seguridad en las comunicaciones, como, por ejemplo, dispositivos de cifrado.

El costo de transmisión de la señal es independiente de la distancia que separa a dos estaciones terrestres. Da lo mismo si las estaciones están separadas cientos de kilómetros o miles. Si utilizan el mismo transpondedor, el costo de transmisión es constante, ya que las señales transmitidas por el transpondedor son recibidas por las estaciones, independientemente de la distancia que las separa.

Las comunicaciones vía satélite dan la oportunidad de diseñar redes conmutadas sin necesidad de dispositivos físicos de conmutación. Las estaciones de tierra que se comunican con el transpondedor del satélite envían y reciben por los mismos dos canales, sólo necesitan "escuchar" la frecuencia del enlace descendente para determinar si la transmisión va destinada a ellas. Si no es así, simplemente ignora la señal. Si es así, copian la señal y la presentan al usuario. Esta capacidad de difusión puede suponer una significativa reducción de costos si se compara con las redes terrestres, que utilizan numerosas líneas físicas y dispositivos de conmutación.

Sin embargo, las comunicaciones vía satélite no están exentas de problemas. Como ya mencionamos anteriormente, si no se emplean técnicas de cifrado, pueden aparecer problemas de seguridad. Las condiciones climatológicas adversas, por ejemplo las tormentas fuertes, pueden causar interferencias en las señales de los canales de comunicaciones ascendentes y descendente.

Adicionalmente, la señal debe recorrer un camino muy largo (aproximadamente 36 000 km de ida y otros tantos de vuelta), lo que causa un retardo en la recepción de las señales en las estaciones de tierra. En algunos casos, este retardo puede causar problemas a los protocolos de línea y complicaciones con el tiempo de respuesta.

Periódicamente, el Sol, la estación de tierra y el satélite se encontrarán alineados. Esto causará que la antena de la estación de tierra reciba los rayos solares, creándose lo que se denomina un transitorio solar: el nivel de ruido térmico se hará sensiblemente superior a la señal recibida. Por el contrario, el denominado eclipse solar se produce durante al primavera y el otoño cuando la Tierra se sitúa entre el Sol y el satélite durante algunos minutos en un período de 23 días. Durante esos minutos, las células solares del satélite no reciben

energía, lo que crea pérdidas de potencia en los componentes electrónicos del satélite.

La señal de comunicaciones del satélite puede interferir con otras señales de radio de sistemas basados en tierra. Para evitar que esto suceda, es necesaria una asignación muy cuidadosa del espectro de frecuencia.

Finalmente, no hay que olvidar que para los satélites en 6/4 y 14/12Ghz , el número de canales de frecuencia es finito, y también lo es el número de satélites que se pueden poner en órbita. Aunque en el pasado estas limitaciones de espectro y de espacio en órbita no han supuesto un impedimento, actualmente se están convirtiendo en un problema, por lo que se hacen necesarios esfuerzos de cooperación entre las naciones que utilizan la tecnología de comunicaciones vía satélite.

CAPITULO III

LA SEÑAL DE TV.

La Señal de Televisión.

En la actualidad existen tres importantes sistemas de televisión en el mundo (sin contar con el formato digital que comienza a operar en algunos países) estos son :

NTSC (National Television System Comite)

SECAM (Secuential Color Memory)

PAL (Phase Alternation Line)

México opto por adoptar el NTSC ,en nuestro país todas las señales de TV tienen asignado un canal específico de frecuencias, con un ancho de banda de 6 megahertz, en la banda VHF y UHF, por la comisión federal de comunicaciones. en total 82 canales numerados del 2 al 83.

En un canal estándar la portadora de audio FM tiene una frecuencia central que esta a 0.25 megaciclos debajo del extremo superior del canal. el ancho de banda de la portadora de sonido es aproximadamente de 50 Kiloherzt, lo que deja en la banda aproximadamente 5.7 magahertz para la portadora de video. El trasmisor de TV se puede considerar como una formación de dos partes distintas que encaminan su salida a una antena común. En la parte de video la portadora de VHF o UHF, se produce por medio de un oscilador de cristal y una serie de multiplicadores de frecuencia; posteriormente es amplificada por uno o más amplificadores intermedios de potencia y un amplificador final de potencia. la señal de video se genera en el equipo de cámara de TV. Es una señal compuesta que contiene la información de imagen y los pulsos de sincronización de borrado, blanqueo y los igualadores.

La portadora de video modulada en amplitud se aplica a un filtro de banda lateral residual, que elimina completamente las frecuencias de banda lateral inferior que sean menores a la frecuencia portadora en mas de 1.25 megaciclos. El filtro también atenúa aquellas frecuencias de banda lateral inferior que se encuentren a mas de 0.75 megaciclos, pero a menos de 1.25 megaciclos, debajo de la frecuencia portadora.

Tanto la salida de video AM como la señal de audio FM se encuentran acopladas a una antena a través de circuito que se llama diplexor; Este aísla la parte de audio, evitando así que haya interferencias indeseables entre las dos partes del transmisor.

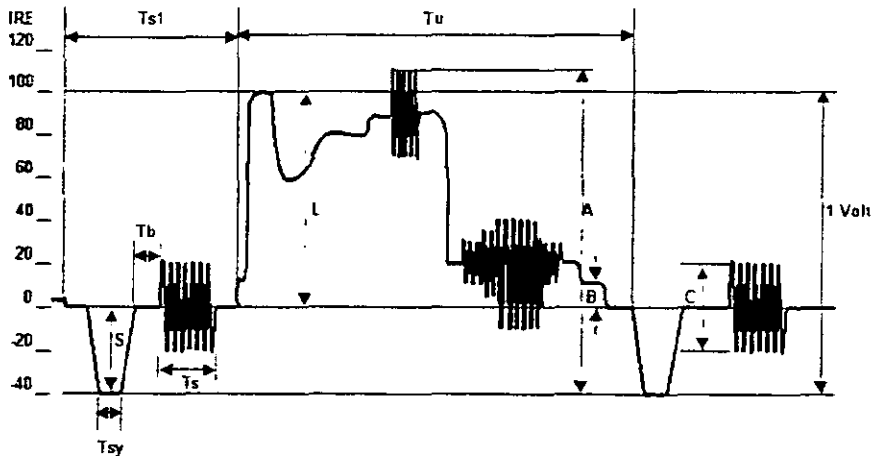


Fig. 5 Estructura de la señal de video.

- A Amplitud pico a pico de la señal de video de color.
- B Diferencia entre nivel de negro y blanco (Pedestal).
- C Amplitud pico a pico de la ráfaga de color (Burst).
- L Valor nominal de la señal de Luminancia.
- S Amplitud del pulso de sincronia.
- Ts1 Duración del periodo de borrado de linea.
- Tsy Duración del pulso de sincronia horizontal.
- Tu Duración del periodo activo de linea.
- Tb Intervalo previo a la ráfaga de color.
- Ts Duración de la ráfaga de color

Digitalización de la señal de vídeo.

Para poder tratar cualquier señal analógica mediante un sistema digital, es preciso, proceder a su conversión al dominio digital. Ello se realiza mediante la conversión Analógica/Digital (ADC), cuyo esquema de bloques básico es el siguiente:

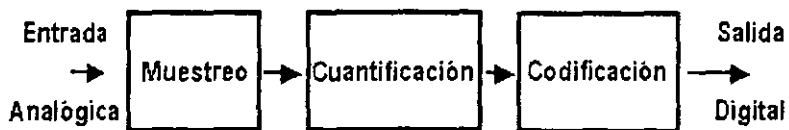


Fig.6 Diagrama de bloques de un convertidor A/D

En el caso de la señal de video debemos añadir dos etapas más.

a) Compresión de los datos. La señal de video contiene gran cantidad de información, y a pesar de la existencia de sistemas de video digital sin compresión. la creciente demanda de equipos ligeros, compactos y de menor coste, tanto en el campo doméstico como en el profesional, hacen de la compresión de datos un paso necesario en el procesado digital de la imagen de video.

b) Modulación. Este proceso no es implícito a la señal de video sino al canal de transmisión o medio de almacenaje de la información. No es lo mismo enviar la señal a otro equipo a través de un cable de comunicación serie, que hacerlo a un satélite. un cabezal magnético para su grabación, a un disco duro, etc., por lo que no vamos a analizar este paso.

El esquema de bloques para la digitalización de la señal de video resulta:

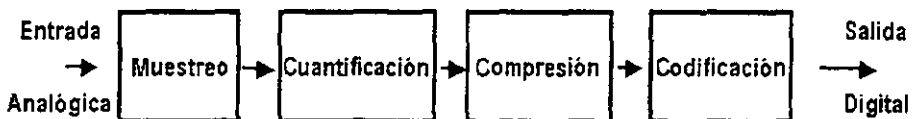


Fig.7 Diag. de bloques de un convertidor A/D con compresión

A partir de ahora realizaremos la descripción de estos procesos tomando como referencia la recomendación del CCIR sobre codificación de parámetros de televisión digital, que es la norma que se está imponiendo en la fabricación de equipos, actualmente.

Muestreo de la señal de vídeo

Se denomina así al proceso en el cual multiplicamos la señal analógica $x(t)$ por señal unitaria $\delta_T(t)$, con lo que obtenemos muestras cuya amplitud es la de la señal $x(t)$, equiespaciadas un periodo T . El valor de T debe ser lo suficientemente pequeño para que los valores entre muestras puedan ser aproximados por interpolación.

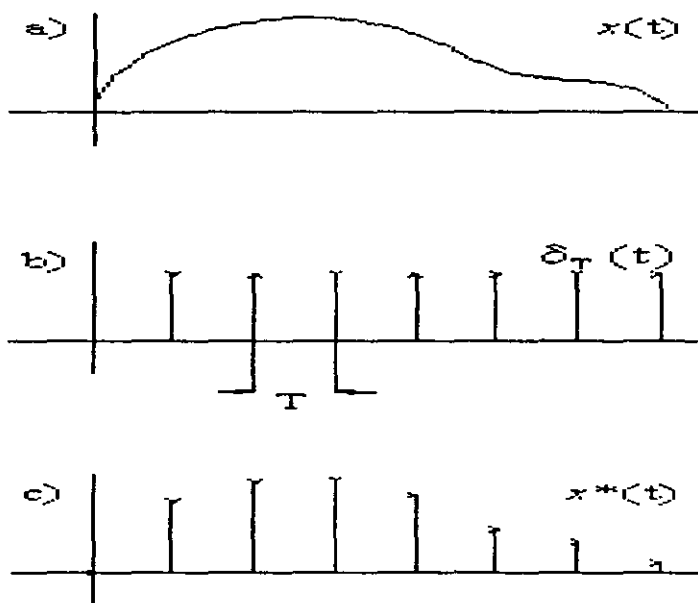


Fig. 8 Muestreo.

La figura representa un ejemplo de muestreo, donde la señal $x(t)$ se muestrea con un período T por la señal $\delta_T(t)$, obteniéndose $x^*(t)$. En este caso la frecuencia de muestreo ($1/T$) es lo suficientemente elevada para poder reconstruir la señal original con gran exactitud. A medida que reducimos la frecuencia disminuye la precisión en la reconstrucción hasta que esta resulta imposible.

Es también muy importante la estabilidad del reloj, ya que el "jitter" provoca que las muestras sean tomadas en tiempos incorrectos, de modo que la reconstrucción de las muestras (después del corrector de base de tiempos) sin esta fluctuación dará lugar a magnitudes incorrectas, lo que se traduce como ruido. Según la CCIR, la tolerancia del período de muestreo debe coincidir con la tolerancia de la frecuencia de línea de la norma utilizada.

Elección de la frecuencia de muestreo.

La frecuencia elegida para realizar el muestreo de la señal de vídeo debe reunir las siguientes condiciones:

- 1- Ser común a los sistemas NTSC y PAL.
- 2- Tener un valor mínimo de 12 Mhz.

El ancho de banda de una señal de vídeo comprende desde los 4.2 Mhz del sistema NTSC hasta los 6 Mhz del sistema PAL. El teorema de Shannon demuestra que para poder recuperar la información original de una señal muestreada es necesario utilizar un frecuencia de al menos el

doble de del ancho de banda de la señal original. Si consideramos el peor de los casos ($BW= 6 \text{ Mhz}$), obtenemos $f > 12 \text{ Mhz}$.

3- Ser múltiplo de la frecuencia de línea.

El muestreo las componentes Y, B-Y y R-Y de una señal de vídeo, tiene como objeto obtener una matriz bidimensional de puntos que formen filas y columnas (muestreo ortogonal), definiendo así el cuadro de vídeo, para ello la frecuencia de muestreo debe ser un múltiplo entero de la frecuencia de línea.

En primer lugar deberemos hallar el minimo común múltiplo de las frecuencias de línea de ambos sistemas (NTSC y PAL). lo que nos permitirá cumplir con los requisitos 1 y 3, para ello procederemos a descomponer ambas en factores primos, con lo que se obtiene:

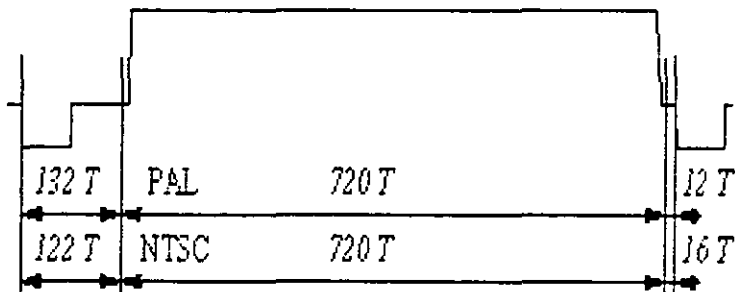


Fig. 9 Frecuencias de línea NTSC y PAL

$$\text{PAL } 625 \times 25 = 15625 = 5^6$$

$$\text{NTSC } 525 \times 30 = 7 \times 5^3 \times 3^2 \times 2 \times \frac{5^3 \times 2^3}{13 \times 11 \times 7}$$

Dividiendo ambas expresiones, obtenemos:

$$\frac{\text{PAL}}{\text{NTSC}} \Rightarrow \frac{5^6 \times 13 \times 11 \times 7}{7 \times 5^3 \times 3^2 \times 2^4} = \frac{13 \times 11}{3^2 \times 2^4} = \frac{143}{144} \Rightarrow$$

$$15625 \text{ Hz} \times 144 = 2.250.000 \text{ Hz}$$

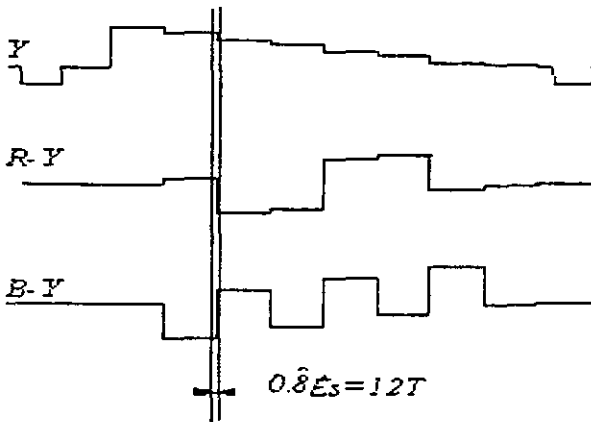
Cualquier múltiplo exacto de esta frecuencia reunirá las condiciones 1 y 3, para cumplir también la condición número 2 deberá darse: $2.250.000 \times N > 12.000.000$

El primer entero que reúne esta condición es 6 con lo que se obtiene la frecuencia de muestreo de **13.500.000 Hz**

El muestreo de las componentes de la señal debe ser simultáneo, de manera que la superposición de las mismas defina perfectamente el valor de la señal en cada punto de la imagen. A estos puntos los denominamos *píxeles* o *pels* (contracciones de las expresiones inglesas *picture cells* y *picture elements*, respectivamente), siendo las muestras de Y, R-Y y B-Y que los forman, los atributos de estos.

El ojo humano no percibe con el mismo detalle las señales monocromas que las señales cromáticas. Mientras que existen aproximadamente 120 millones de bastones que captan el brillo, los conos sensibles al rojo, verde y azul son tan solo 2 millones.

Fig. 10 Atributos y formación de los píxeles



Luego no resulta necesario procesar la misma cantidad de información para la señal de luminancia como para la información de color, ya que la percepción a una u otra varía ostensiblemente.

Atendiendo a estos condicionantes, se han definido distintas estructuras de muestreo, desde la 4:4:4, en la cual se procesan todas las muestras, hasta la 4:1:1 o la 4:2:0, donde se ignoran 3 de cada 4 muestras correspondientes a la información de color. Estos tipos de estructura se definen continuación.

Estructura 4:4:4.-Es la más compleja: Considera todas y cada una de las muestras efectuadas a 13.5 Mhz, precisa pues velocidades de transferencia binaria muy elevadas y únicamente se aplica en sistemas en los que se requiere una gran calidad como p.ej. los correctores de color. Es la estructura idónea cuando se desea procesar R, G y B, ya que

estas deben contener toda la información para poder reconstruir Y con la suficiente resolución. Los anchos de banda son 5.75 Mhz para las tres componentes.

Estructura 4:2:2.-Es la más extendida, supone velocidades de transferencia binaria menores y está considerada como estándar en la interconexión digital de equipos de audio y video (EBU docs 3246 i 3247). La utilizan multitud de formatos tales como el Betacam Digital, Betacam SX , Digital S, D1, D5 , Ampex DCT o el DVCPPro 50 (D7). Los anchos de banda obtenidos son 5.75 Mhz para la señal de luminancia y 2.75 Mhz para las componentes de color.

Estructura 4:1:1.-Aparece con el nuevo formato DVCPPro PAL. La velocidad de transferencia binaria disminuye ostensiblemente y se establece en 125 Mbits/s; proporciona anchos de banda de 5.75 Mhz en la señal de luminancia y 1.7 Mhz en las componentes de color (ligeramente superior a los formatos analógicos existentes).

Estructura 4:2:0.-Aparece con las normas MPEG. Se utiliza en los formatos DVC, DVCam y DVCPPro NTSC . A priori proporciona las mismas características de ancho de banda y velocidad de transferencia binaria que la estructura 4:1:1, con la diferencia que ignora la información de color en la mitad de las líneas, doblando la frecuencia de muestreo en aquellas en las que sí considera esta información; con ello aumenta la resolución vertical del color, a costa de la horizontal. Aparentemente parece más lógico ya que la relación de aspecto de una señal de TV implica un mayor número de puntos en el eje horizontal que en el vertical.

Cuantificación de la señal muestreada

La cuantificación es el proceso mediante el cual se asignan palabras digitales a cada muestra en función del valor obtenido en el muestreo. Con ello discretizamos el valor de la señal a procesar, es decir, asignamos a cada muestra un valor dentro de una escala finita de posibles valores a una señal con infinitos valores. Ello supone introducir un error (error de cuantificación), ya que obtendremos el mismo código para un rango de valores distintos.

En la recomendación del CCIR, se establece que la cuantificación debe ser PCM (Pulse code modulation), uniforme, con 8 bits por muestra tanto para la señal de luminancia como para cada diferencia de color, por lo tanto la escala estará comprendida entre 0 y 255, definiéndose los siguientes intervalos:

Luminancia.-220 niveles de cuantificación, con el nivel de negros correspondiente al nivel 16 y el pico de blanco correspondiente al nivel 235.

Diferencias de color.- 225 niveles de cuantificación, en la parte central de la escala , con la señal de valor 0 correspondiente al nivel 128.

Las palabras correspondientes a los niveles 0 y 255 se usan exclusivamente para tareas de sincronización. El resto de los niveles (1 hasta 254) están disponibles para la señal de vídeo

Compresión de la información digital.

Antes de entrar en la descripción de los procesos de compresión existentes, definiremos algunos términos:

Datos e información.- Los datos son el medio utilizado para transmitir una información .

Redundancia.- Es el exceso de datos existentes en la descripción de una información.

Entropía.- Es la medida del desorden, de la falta de relación entre los datos, la entropía de un sistema es máxima cuando este se forma con sucesos independientes entre sí. La entropía fija la cota inferior de bits por símbolo necesarios en la codificación.

El tratamiento digital de la señal de vídeo conlleva procesar un gran número de datos. P.ej. digitalizar una señal de vídeo monocroma PAL (720 muestras por línea, 8 bits por muestra, 575 líneas por cuadro y 25 cuadros por segundo) supone una tasa binaria de 82.8 millones de bits por segundo; si la imagen es en color, deberemos digitalizar tres señales (R,G y B), con lo que la tasa de transferencia binaria se establece en 248.4 millones de bits por segundo. A ello habrá que añadirle los canales de sonido, el código de tiempo, señales de control, etc. aumentando así la cantidad de datos a procesar, y por consiguiente, el precio y el volumen de los equipos. Por lo que se requiere tratar la señal de manera que podamos transmitir la misma información con menos datos.

A este proceso lo denominamos compresión, y consiste en eliminar la redundancia de los datos.

CAPITULO IV

MODULACION

MODULACIÓN.

En este capítulo se encuentran resumidas las nociones básicas para comprender el proceso que sufre una información que se desea hacer llegar a un correspondiente a través de una señal de radiofrecuencia.

La modulación nace de la necesidad de transportar una información a través del espacio. Este es un proceso mediante el cual dicha información (onda moduladora) se inserta a un soporte de transmisión.

MODULACIÓN DE AMPLITUD (AM).

Una portadora puede modularse de diferentes modos dependiendo del parámetro de la misma sobre el que se actúe.

Se modula en amplitud una portadora cuando sea la distancia existente entre el punto de la misma en el que la portadora vale cero y los puntos en que toma el valor máximo ó mínimo, la que se altere, esto es, su amplitud.

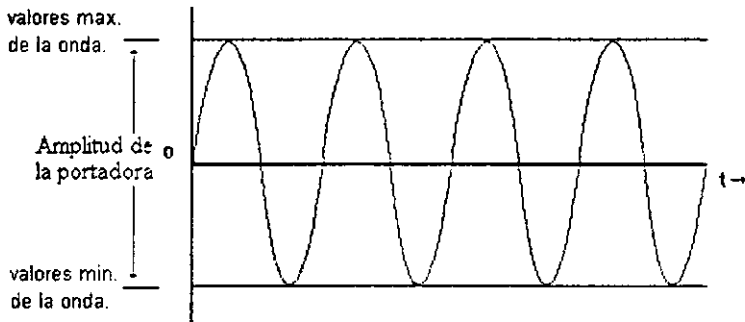


Fig. 11 Representación de la Onda Portadora

Es la amplitud (intensidad) de la información a transmitirla que varía la amplitud de la onda portadora. Y resulta que, al añadir esta información se obtiene tres frecuencias:

- a) La frecuencia de la portadora f
- b) La frecuencia suma de la portadora y la información.
- c) La frecuencia diferencia de la portadora y la información. Por ejemplo:

En una onda portadora de 1000 KHz y que se module con una información (con un sonido) cuya frecuencia sea de 1000 Hz (1 KHz) presentará estas tres frecuencias:

$$f_p = 1000 \text{ KHz}$$

$$f_p + f_i ; 1000 \text{ KHz} + 1 \text{ KHz} = 1001 \text{ KHz}$$

$$f_p - f_i ; 1000 \text{ KHz} - 1 \text{ KHz} = 999 \text{ KHz}$$

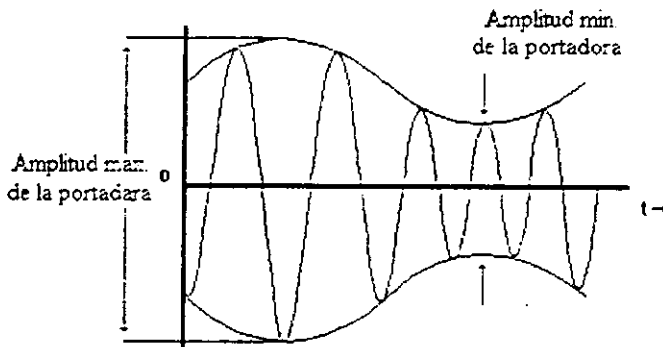


Fig. 12 Onda Modulada en Amplitud

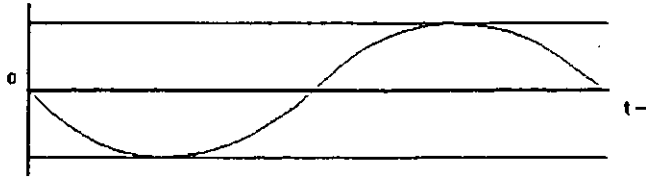


Fig. 13 Representación de la Onda Moduladora

Este análisis nos lleva a pensar que, como normalmente la información no la compone una única onda, sino varias dentro de una banda, sería necesario hacer uso de un gran ancho de banda para transmitir una información cuyas frecuencias estuvieran comprendidas entre los 20 Hz y 20.000 Hz (límites de la banda de frecuencias audibles por el oído humano) con buena calidad.

Por otro lado, como el ancho de banda permitido para una emisión está limitado, esta clase de emisión se dedica a usos que no requieren gran calidad de sonido o en los que la información sea de frecuencias próximas entre sí (por esto, nunca usaría AM una radio fórmula).

Otra característica de la modulación de amplitud es que, en su recepción, los desvanecimientos de señal no provocan demasiado ruido, por lo que es usado en algunos casos de comunicaciones móviles, como ocurre en buena parte de las comunicaciones entre un avión y la torre de control, debido que la posible lejanía y el movimiento del avión puede dar lugar a desvanecimientos. Sin embargo, la modulación en amplitud tiene un inconveniente, y es la vulnerabilidad a las interferencias.

MODULACIÓN EN BANDA LATERAL (SSB).

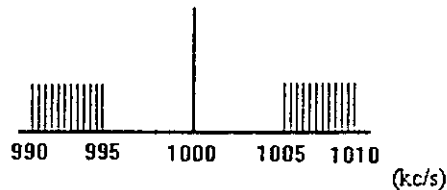
Partiendo de la idea de que la modulación de amplitud comprende ocupar la frecuencia propia de la portadora y las adyacentes que aparecen al modularla, analizaremos el siguiente caso: teniendo una portadora de 1000 Khz queremos modularla con una

información cuyas frecuencias comprenden entre los 5 y los 10 KHz. La onda modulada presentará las siguientes frecuencias:

$f_p = 1000 \text{ KHz}$

$f_p + f_i$; $1000 + 5 = 1005 \text{ KHz}$, y $1000 + 10 = 1010 \text{ KHz}$, es decir, todas las frecuencias comprendidas entre los 1005 y 1010 KHz.

$f_p - f_i$; $1000 - 5 = 995 \text{ KHz}$, y $1000 - 10 = 990 \text{ KHz}$ todas las comprendidas entre 990 y 995 KHz.



bandas laterales a ambos lados de la frecuencia central

Diferenciándose la banda lateral superior (USB), la de frecuencia más elevada, de la banda lateral inferior (LSB)

Como la frecuencia portadora no es información, los transmisores con esta clase de modulación suprimen la portadora (de ahí que también conozcamos este tipo de modulación como de "portadora suprimida"), y lanzan únicamente las bandas laterales, y aún mejor, solo una de ellas. Esto tiene grandes ventajas sobre la modulación de portadora continua.

a) Al suprimirse la portadora en ausencia de información, el ahorro de energía es muy considerable, además el esfuerzo que el paso final de potencia de RF de un transmisor de esta clase soporta es menor que el de otro tipo de portadora continua (AM o FM), para la misma potencia. Debido a esto último un transceptor que disponga de los dos modos de modulación es capaz de suministrar hasta el doble de potencia en banda lateral que en modulación de amplitud.

b) Otra ventaja de la SSB es la reducción del ancho de banda que se consigue al eliminar una de las bandas laterales. Cuando se selecciona el modo USB se están filtrando todas las frecuencias de la banda lateral inferior, que podrán ser ocupadas por otra estación.

La modulación SSB es usada habitualmente por los servicios marítimos (estaciones costeras telefonía dirigida a barcos...) o los

aviones (en viajes transoceánicos) cuando las distancias a salvar son grandes y se necesitan grandes potencias de emisión.

MODULACIÓN DE FRECUENCIA (FM).

La modulación de amplitud tiene en la práctica dos inconvenientes: por un lado, no siempre se transmite la información con la suficiente calidad, ya que el ancho de banda en las emisiones está limitado; por otra parte, en la recepción es difícil eliminar las interferencias producidas por descargas atmosféricas, motores, etc.

La modulación de frecuencia consiste en variar la frecuencia de la onda portadora de acuerdo con la intensidad de la onda de información. La amplitud de la onda modulada es constante e igual que la de la onda portadora.

La frecuencia de la portadora oscila más o menos rápidamente, según la onda moduladora, esto es, si aplicamos una moduladora de 100 Hz, la onda modulada se desplaza arriba y abajo cien veces en un segundo respecto de su frecuencia central, que es la portadora; además el grado de esta variación dependerá del volumen con que modulemos la portadora, a lo que denominamos "índice de modulación".

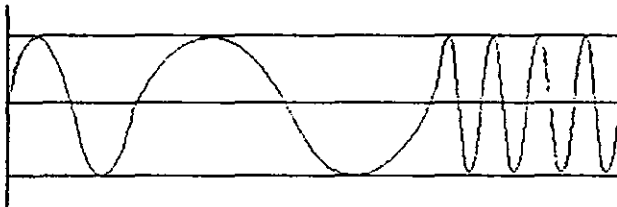


Fig. 14 Onda Modulada en Frecuencia

Debido a que los ruidos o interferencias que se mencionaron anteriormente alteran la amplitud de la onda, no afecta a la información transmitida en FM, puesto que la información se extrae de la variación de frecuencia y no de la amplitud, que es constante.

Como consecuencia de estas características de modulación podemos observar cómo la calidad de sonido o imagen es mayor cuando modulamos en frecuencia que cuando lo hacemos en amplitud o banda lateral. Además al no alterar la frecuencia de la portadora en la medida que aplicamos la información, podemos transmitir señales sonoras o información de otro tipo (datos o imágenes), que comprenden mayor abanico de frecuencias moduladoras, sin por ello abarcar mayor ancho de banda. Éste es el motivo por el que las llamadas "radiofórmulas" utilizan la frecuencia modulada, o dicho de otro modo, el nacimiento de las estaciones que a mediados de los sesenta eligieron este sistema para emitir sus programas con mayor calidad de sonido dio origen a la radiodifusión musical.

Otros usos de la frecuencia modulada son la telefonía móvil, televisión y servicios de comunicación entre los trabajadores de empresas de paquetería, talleres, comercios.

Modulación ASK

La amplitud de la onda es alterada de acuerdo con la variación de la señal de información.

Exige un medio en que la respuesta de amplitud sea estable , ya que este tipo de modulación es bastante sensible a ruidos y distorsiones.

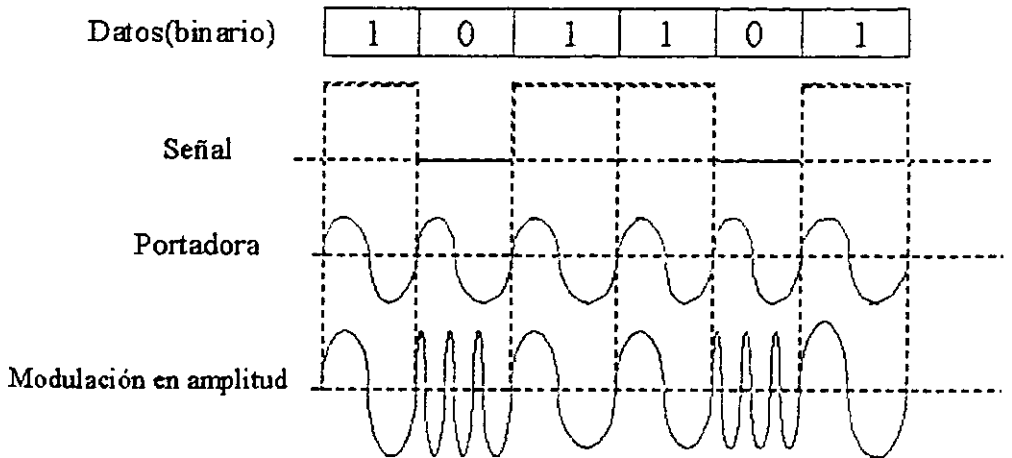


Fig. 15

Modulación FSK

Consiste en un procedimiento de 2 osciladores con Frecuencias Diferentes para dígitos 0 y 1. Normalmente es usada para transmisión de datos en bajas velocidades y puede ser:

Coherente (Alternativa A) : Donde no ocurre variación de fase de la portadora para dígitos del mismo valor.

No Coherente (Alternativa B) : Donde puede ocurrir variación de fase de la portadora para dígitos del mismo valor.

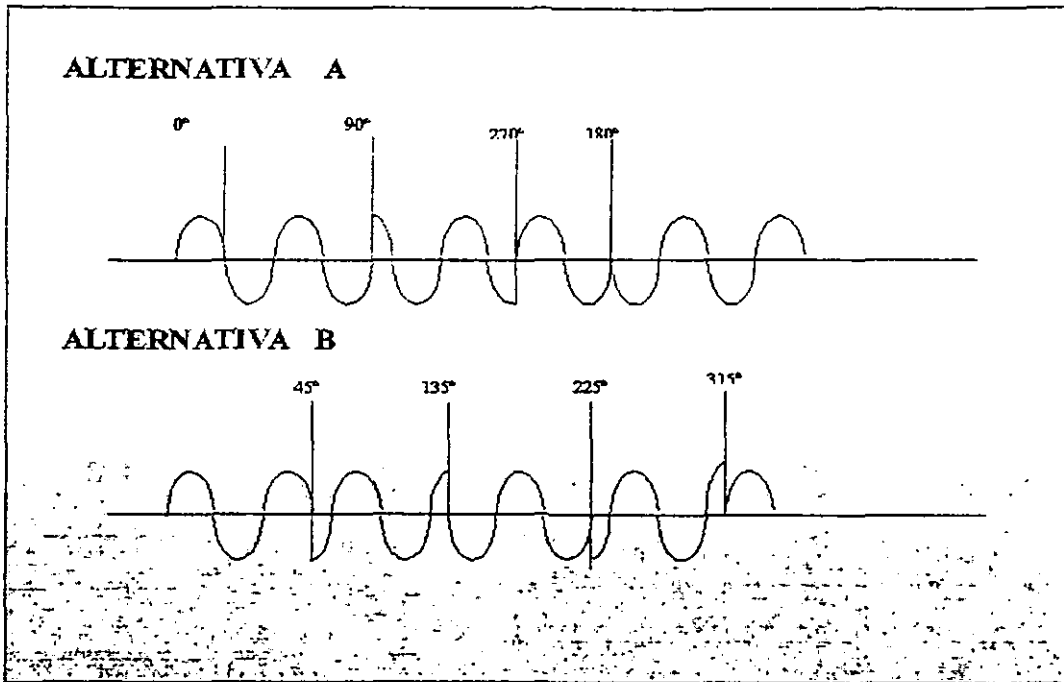


Fig. 16

Modulación PSK

Consiste en un procedimiento de la onda portadora en función de un bit de dato (0, 1). Un bit 0 corresponde a la fase 0; en cuanto al bit 1, corresponde a la fase π .

Por tanto , este ángulo está asociado con un dato al ser transmitido y con una técnica de codificación usada para representar un bit.

Este tipo de modulación es la que se utiliza para llevar una señal al satélite.

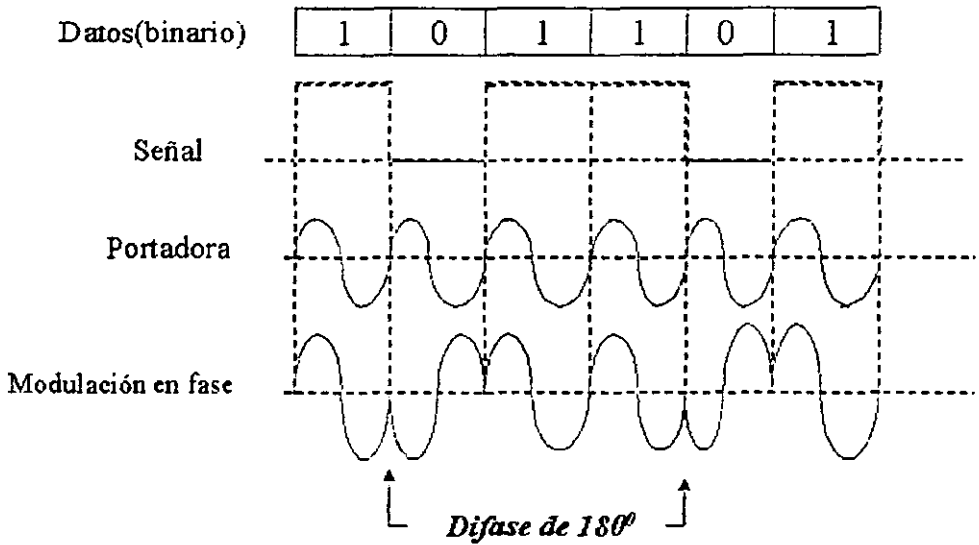


Fig. 17

CAPITULO V

MULTIPLEXAJE

MULTIPLEXAJE

FDM MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE FRECUENCIA

FDM es una de las técnicas originales de multiplexaje usada para la industria de comunicaciones. La técnica de FDM divide el ancho de banda total de entrada y salida en el mismo numero de canales en el circuito, dependiendo en el numero de puertos y dispositivos que sean soportados. El rango total de información de entrada de los dispositivos o terminales conectados al multiplexor no pueden exceder el rango de salida.

Si un dispositivo conectado por FDM es removido de su circuito, no hay posibilidad que la frecuencia que estaba siendo utilizada por ese dispositivo sea relocalizada y utilizada por otro dispositivo y aprovechar el ancho de banda. Lo que significa que el multiplexor no tiene la habilidad para relocalizar dinámicamente sus capacidades para utilizar el ancho de banda disponible.

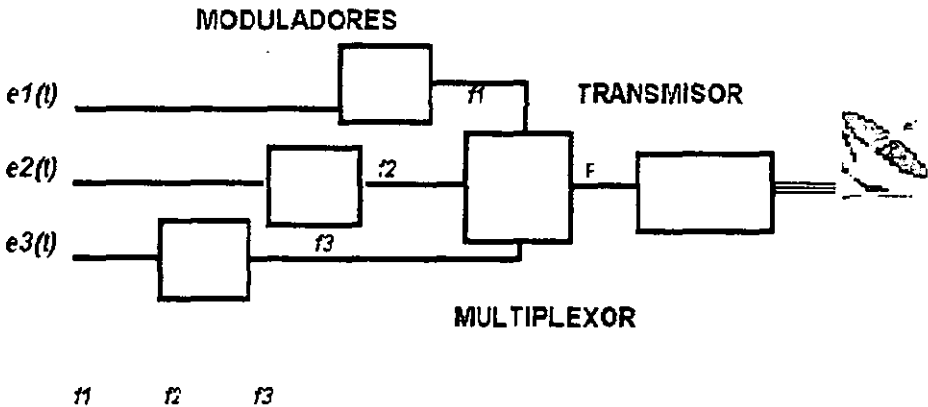


Fig. 18 Multiplexaje FDM

TDM MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE TIEMPO

Los multiplexores que utilizan la tecnología TDM son dispositivos digitales que combinan varias señales digitales de dispositivos en un solo medio de transmisión digital.

TDM trabaja acomodando los time slots de cada dispositivo conectado a un puerto. Típicamente, el total de rango de bits para todos los dispositivos no pueden exceder el rango de bits por segundo de la línea de salida. Esto se logra utilizando por medio de técnicas de compresión. Un algoritmo binario en el multiplexor es utilizado para reducir el total de número de bits. La compresión en el nodo receptor es de manera invertida. Si un puerto no está siendo utilizado este ancho de banda no está disponible para otros dispositivos conectados al multiplexor.

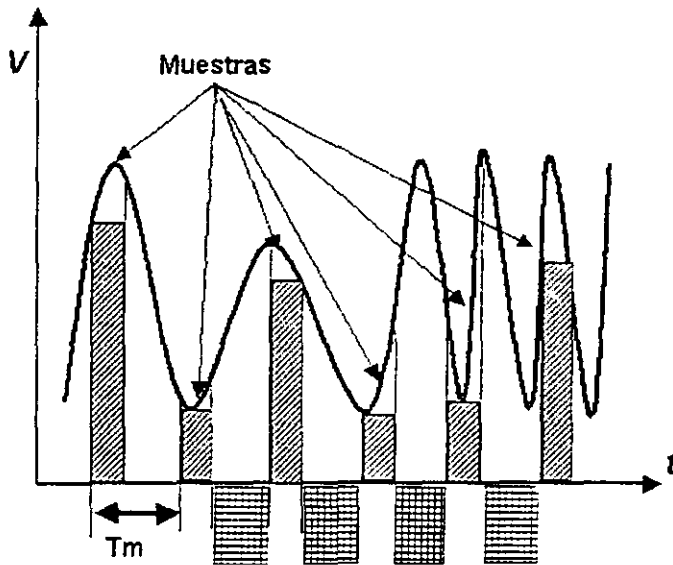


Fig. 19 Multiplexaje TDM

STDM MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE TIEMPO ESTADISTICO

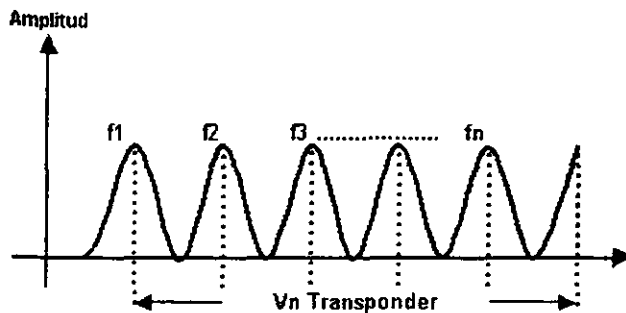
Una versión mas eficiente de TDM es STDM. STDM funciona de la misma manera que TDM solo con la ventaja de que utiliza mejor el uso de canales que no están siendo utilizados y reconectando estos time slots a otros dispositivos conectados que puedan utilizar este ancho de banda que esta disponible.

El multiplexaje puede ser utilizado para conectar las mayoría de las interfaces de voz y protocolos de señalización. La transmisión de los canales de voz se realiza de la siguiente manera, dos canales de voz de 64 Kb cada uno se conectan al multiplexor del nodo A y este comprime los canales a 8 o 16 Kb para ser enviados por el medio de transmisión el cual es de 64 Kb, el multiplexor B recibe el canal de 64 Kb con los canales de voz comprimidos y los descomprime a 64 Kb nuevamente y se conectan a las extensiones telefónicas por medio de un par de hilos de cobre.

CAPITULO VI

TECNICAS DE ACCESO

Acceso Múltiple por División de Frecuencias (FDMA).



Para Conducir el tráfico en esta opción se utilizan los módem con sintetizador de frecuencias y numerosas portadoras de RF, esto es en súper alta- frecuencia (SHF). Esas ondas portadoras son en frecuencia de subcanal dentro de banda de un transponder de satélite. La técnica se basa en la práctica que se ha ejecutado y probado satisfactoriamente en telefonía por sistemas de microondas, donde se forman grupos y súper grupos aprovechando el multiplexaje por división de bandas de frecuencia. Fue la primer técnica de acceso múltiple y todavía domina las comunicaciones mundiales por satélite.

a) Multi – Channel – Carrier (MCPC) o Canal numerosos de usuarios por portadora. En esta categoría se puede dar solución a condiciones de tráfico intenso que justifiquen instalar sistemas FDMA con modulación digital (TDM / FDMA). Esto es, combinado multiplexaje por división de tiempo cuyas señales

digitales sucesivas pueden producir modulación de frecuencia o fase de una onda portadora, donde se siga el principio de las técnicas conocidas como FSK y PSK.

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

El ancho de banda total de un satélite es de 500 MHz y se divide en varios transpondedores, siendo la forma usual de hacerlo utilizando ranuras de 36 MHz. Esto significa que el amplificador de cada transpondedor puede darle cabida a una gran diversidad de información que ocupe en total un ancho de banda de 36Mhz. Por ejemplo, tres estaciones terrenas en distintas ciudades cada una y en las tres quieran hacer uso del satélite al mismo tiempo, por consiguiente las señales que se generan a cada instante en cada un de las tres estaciones terrenas requieren distintos anchos de banda para que puedan transmitirse. Podría ser que en una de las estaciones hubiera bastante tráfico telefónico de larga distancia que el bloque resultante al combinar todos los canales telefónicos y modularlos, ocupará el ancho de banda de 36MHz, en tal caso ocuparía todo el transpondedor del satélite. y de ser así, solamente habría una frecuencia portadora presente en el amplificador de potencia correspondiente y por consiguiente no se produciría ruido de intermodulación, pero este caso es muy especial, ya que es mucho más común tener agrupaciones de canales telefónicos que ocupen menos de 36MHz de ancho de banda.

Pero es evidente que si las tres estaciones transmiten al mismo tiempo, deben hacerlo con frecuencia portadoras diferentes para que no haya interferencia. Si la suma de los anchos de banda que requiere tres estaciones individualmente da un total cercado a los 36 MHz, entonces las tres ocuparían simultáneamente el mismo transpondedor del satélite, separadas por bandas de guardia.

Esta forma de uso simultáneo del transpondedor por varias estaciones terrenas, esté o no en la misma ciudad se le conoce como acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) ya que el espectro radioeléctrico del transpondedor se divide en secciones o ranuras de frecuencias asignadas a cada una de ellas, como la estación debe transmitir siempre con la misma frecuencia portadora, durante la mayor parte del tiempo, cada una de ellas ocupará activo ese ancho de banda que se le asignó: por lo que también se le llama acceso múltiple por división de frecuencias con asignación fija.

Pero cuando el tráfico generado en los puntos geográficos que comparten un transponder es intermitente o esporádico, la capacidad de ese transpondedor no se estaría aprovechando con eficiencia si se empleara la técnica anterior por lo que se usa la técnica llamada de acceso múltiple por división de frecuencias con asignación por demanda (DAMA).

Acceso Múltiple con Asignación por Demanda.

Esta técnica de acceso permite aprovechar al máximo las ranuras de frecuencia y la potencia del satélite cuando el tráfico que genera cada estación es esporádico, pues las ranuras se asignan a las estaciones terrenas solamente durante el tiempo que las necesita para establecer comunicación: en el momento en que alguna deja de transmitir, la ranura se libera, quedando disponible para cualquier otra estación terrena que la solicite. Cuando después de algún tiempo, la estación terrena que liberó una ranura y desea transmitir más información y esa ranura está ocupada, puede hacer uso de cualquier otra ranura que en ese momento estuviera vacía no se hace en forma arbitraria, sino a través de una estación central que coordina las frecuencias disponibles. Existen sistemas como el SPADE cada ranura tiene su propia frecuencia portadora y su ancho de banda es ocupado por un solo canal telefónico modulado, a esta forma de transmisión se le llama canal único por portadora (SCPC).

Existen variantes en cuanto a la forma de ranuras en frecuencia un transpondedor y accederlo u ocuparlo desde varias estaciones terrenas.

Para enlazar puntos que generan tráfico permanente se emplea la asignación fija, y esta puede ser SCPC cuando el tráfico es poco pero constante o bien de portadora multicanal (MCPC). En la cual una portadora multicanal transporta muchos canales que han sido previamente combinados en forma adecuada y la ranura de frecuencias necesaria para ubicarla es angosta o muy ancha dependiendo del número de canales, los cuales pueden ser analógicos o digitales, con multiplexaje en frecuencia o en tiempo.

Acceso Múltiple por División de Tiempo

Este acceso múltiple es una técnica totalmente digital mediante la cual varias estaciones terrenas accesan u ocupan un transpondedor o parte de él. En ésta técnica todo un grupo de estaciones tiene asignada la misma ranura, con un cierto ancho de banda fijo y se compone entre ellas secuencialmente en el tiempo, es decir, cada estación tiene asignado un tiempo T para transmitir, y cuando su tiempo se agota debe dejar de transmitir para que lo hagan las estaciones que le siguen en la secuencia, hasta que le toque nuevamente su turno.

El tiempo asignado a cada estación es igual necesariamente en todos los casos, ya que en algunas estaciones se conduce o hay más tráfico que en otras y, por lo tanto, la ranura de tiempo que se asigne debe ser más larga que la de las estaciones chicas.

En estos tiempos pueden ser fijos por estación en cuyo caso se tiene acceso múltiple por división de tiempos con asignación fija, o bien puede variar con el tiempo cuando algunas estaciones tengan exceso de tráfico.

Un sistema TDMA es más complejo que uno de FDMA y necesita una buena coordinación entre todas las estaciones terrenas de la red que lo usan y una estación de referencia y como las estaciones transmiten en forma de ráfaga a intervalos con una duración de una pequeña fracción de milisegundos, deben contar con módulos de almacenamiento de información digital, que liberan la información por paquetes en cada ráfaga.

La modulación de TDMA que se utiliza en la práctica es la de ocupación del transpondedor completo por la portadora modulada y por consiguiente no hay ruido de intermodulación y se puede aprovechar al máximo la potencia de salida del amplificador. En varias situaciones, el tráfico manejado por una red de estaciones no es tan grande como para la ocupación total de un transpondedor, sino solamente una fracción de él; En estos casos se comparten el ancho de banda del transpondedor en FDMA por los servicios prestados por otras estaciones independientes de la red TDMA, sin perderse de flexibilidad que brinda el sistema TDMA totalmente digitalizado.

La técnica TDMA, es igual que la FDMA, no es más que una forma mediante la cual las estaciones terrenas comparten un transpondedor o parte de él. Independientemente del tipo de acceso que se utilice, es necesario que los canales de video, voz y datos que se van a transmitir pasen por varias etapas de procesamiento a partir de su estado de banda base, principalmente las etapas de multiplexaje y modulación que son de varios tipos diferentes.

Acceso Múltiple por Diferenciación de Código.

De las técnicas de acceso múltiple FDMA y TDMA, que son las de mayor uso en los satélites comerciales de comunicaciones, además, existe una tercera técnica, en la que un transpondedor completo es ocupado por varias estaciones que transmiten a la misma frecuencia y al mismo tiempo. Esta técnica se le conoce como acceso múltiple por diferenciación de código (CDMA), es particularmente útil en transmisiones confidenciales o muy sensitivas a la interferencia; al igual que TDMA es totalmente digital, y presenta la ventaja de

que las antenas Terrestres transmisoras y receptoras pueden ser muy pequeñas, sin importar que sus ganancias sean bajas y sus haces de radiación muy amplios.

Esta técnica presenta un inconveniente de que ocupa mucho ancho de banda (un transpondedor completo), pues cada bit de información como los que se transmiten en modalidad TDMA se transforman en un nuevo tren de bits muy largo, de acuerdo con un código determinado previamente.

Cada estación transmisora utiliza una secuencia diferente de bits para codificar cada uno de los bits de información; de las estaciones Terrestres receptoras, sólo la destinataria de cierta información determinada conoce el código con el que se transmitió y es capaz de reconstruir el mensaje original, aunque llegue traslapado con todos los demás mensajes que se transmitieron simultáneamente, pues estos últimos sólo lo detecta como ruidos tolerantes

Como el ancho de banda que utiliza el sistema de CDMA es muy amplio, por la expansión del espectro en frecuencia de la señal al codificar cada bit de información en un nuevo tren de bits, también se le llama acceso con espectro expandido (SSMA). Con el fin de aumentar la capacidad de los satélites se han desarrollado dos métodos para utilizar las frecuencias casi por duplicado: reutilización con aislamiento espacial con discriminación de polarización.

La reutilización de frecuencias con aislamiento espacial se realiza con un sistema de antenas que produzca muchos haces dirigidos hacia zonas geográficas diferentes; si algunos haces están lo suficientemente separados entre sí, entonces pueden utilizar las mismas frecuencias.

La reutilización de frecuencias con discriminación de polarización se efectúa mediante la transmisión de un mismo haz. a la misma frecuencia. con señales de polarización ortogonales, estas pueden ser lineales o circulares.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

Conclusiones

El desarrollo de las redes satelitales surgido como una necesidad se ha convertido en la base de poderosas cadenas de Tv. en todo el mundo dadas las condiciones favorables que representa el llevar la señal al satélite y más aun en el bajo costo para enlazar diferentes puntos de transmisión sin importar las distancias, pero mas allá de la Tv. a menudo encontramos situaciones en las que nos vemos involucrados de alguna manera con los satélites, es importante que como Ingenieros, técnicos o personas que trabajamos en el campo de las comunicaciones tengamos bases suficientes para hacer frente a este tipo de situaciones. El retiro de un cajero, una llamada telefónica, la Internet son solo algunos de los ejemplos cotidianos que tienen como base la señal del satélite.

Las comunicaciones van de la mano con la electrónica y actualmente con los poderosos sistemas de computo y microprocesadores de aquí la importancia de mantenernos actualizados y no permanecer al margen de este desarrollo.

El presente trabajo espera cumplir con su cometido y lograr que los estudiantes de Ingeniería interesados en este tema encuentren aquí una guía para iniciarse en el mundo de las comunicaciones.

Glosario.

AM	Amplitud Modulada
ASK	Amplitud Shift Keying
BL	Banda Lateral
BLU	Banda Lateral Unica
C	Velocidad de la Luz en el espacio libre
CCIR	Consultive Comité International Radiofrequency
cm	Centímetro
EHF	Extremadamente Alta Frecuencia
f	Frecuencia
FCC	Federal Communication Consortium
FDM	Multiplexaje por división de frecuencia
FM	Frecuencia Modulada
FSK	Frecuency Shift Keying
G	Giga
HF	Alta Frecuencia
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IRE	Instituto de Ingenieros Radioeléctricos
K	Kilo
KM	Kilómetro
LF	Baja Frecuencia
M	Mega
m	Metro
MF	Frecuencia Media
NAB	National Asotiation Broadcast

NTSC National Television System Comite
PAL Phase Alteration Line
PSK Phase Shift Keying
SCT Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
SECAM Sequential Color Memory
SHF Super Alta Frecuencia
STDM Multiplexaje por división de Tiempo Estadistico
TDM Multiplexaje por división de Tiempo
TV Televisión
UHF Ultra Alta Frecuencia
UIT Unión Internacional de Telecomunicaciones
VHF Muy Alta Frecuencia
VLF Muy Baja Frecuencia

Bibliografía.

Fundamentos de Propagación de Microondas.

Noboru Yamane.

Publicaciones Telecomex

Practica y Fundamentos de Televisión.

Bernard Grob.

Marcombo.

Normas Técnicas para la instalación y operación de estaciones de radiodifusión de Tv.

S.C.T.

Pruebas de Comportamiento para transmisores de Televisión (México)

ING. Bruno Schwei

Televisa.

Sistema de Calidad.

Dirección de Distribución de Señal.

TV Azteca.

NAB Hand book

Novena edición

NAB