

120
2 es.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

COMUNICACIONES

TECNICAS DE ACCESO AL SATELITE

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A:
RUBEN DE JESUS TRUJILLO PEREZ

ASESOR: ING. JUAN GONZALEZ VEGA.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.

1998.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

264552



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
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

Q. M. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCÍA MIJARES

Jefe del Departamento de Exámenes

Profesionales de la FES-C.

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
PRESENTE.

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:

De comunicaciones, con el nombre de:

"Técnicas de acceso al satélite"

que presenta el pasante: Trujillo Pérez Rubén de Jesús

con número de cuenta: 8307177-3 para obtener el Título de:

Ingeniero Mecánico 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 5 de Junio de 19 98

MODULO:

PROFESOR:

FIRMA:

I

Ing. Alfonso Contreras Marquez *Contreras Marquez Alfonso*

III

Ing. Juan González Vega

IV

Ing. Vicente Magaña González *Vicente Magaña*

A mis padres:

A quienes agradeceré eternamente por el apoyo, los sacrificios y la confianza que me brindaron para lograr uno de mis más grandes anhelos. El concluir mis estudios universitarios es un logro que comparto con ustedes.

A mi esposa:

Gracias por la ayuda y comprensión que durante mis estudios y hasta este momento me has brindado incondicionalmente.

Esta es una satisfacción que comparto contigo y que representa parte de nuestros sacrificios.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1 "SISTEMA SATELITAL BÁSICO".....	2
1.1 Modelo de subida	4
1.2 Transponder	4
1.3 Modelo de bajada	5
CAPITULO 2 "TÉCNICAS DE MODULACIÓN DIGITAL"	7
2.1 Desplazamiento de amplitud (ASK)	9
2.2 Desplazamiento de frecuencia (FSK)	9
2.2.1 Desplazamiento mínimo (MSK).....	11
2.3 Desplazamiento de fase binaria (BPSK).....	12
2.3.1 Desplazamiento de fase cuaternaria (QPSK).....	15
2.3.1.1 QPSK de compensación offset	18
2.3.2 PSK de ocho fases	20
2.3.3 PSK de 16 fases	22
2.4 Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)	22
2.4.1 QAM de 8	22
2.4.2 QAM de 16	23
CAPITULO 3 "MODULACIÓN POR CÓDIGO DE PULSOS (PCM)"	24
3.1 Muestreo	25
3.2 Cuantificación	26
3.3 Codificación	27
3.4 Modulación PCM delta	28
3.5 Modulación PCM delta adaptiva	30
3.6 Modulación de pulsos codificados diferenciales (DPCM)	31
3.7 Vocoders	31

CAPITULO 4 "MULTIPLEXAJE"	32
4.1 Multiplexaje por división de frecuencia (FDM)	33
4.2 Multiplexaje por división de tiempo (TDM)	37
CAPITULO 5 "TÉCNICAS DE ACCESO AL SATÉLITE"	38
5.1 Acceso múltiple por división de frecuencia FDMA	40
5.1.1 FDM/FM/FDMA (preasignación)	40
5.1.2 SCPC	44
5.1.2.1 SCPC-DAMA (SPADE)	46
5.1.2.2 SCPC/QPSK/FDMA (preasignado)	50
5.2 Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)	52
5.2.1 Arquitectura básica del TDMA	54
5.2.1.1 Ráfaga de referencia	54
5.2.1.2 Ráfaga de preámbulo	57
5.2.1.3 Trama primaria	58
5.2.1.4 Tiempo de guarda	61
5.2.2 Arquitectura de control	62
5.2.2.1 Adquisición y sincronización a lazo cerrado	62
5.2.2.2 Adquisición a lazo abierto	65
5.2.2.3 Control de retroalimentación cooperativa	68
5.2.3 Salto de transponder	70
5.2.4 Sistema Intelsat TDMA/DSI/DNI	71
5.2.4.1 Estructura básica del TDMA/DSI Intelsat	72
5.3 Acceso múltiple por división de código CDMA	73
5.3.1 Salto de frecuencia	75
5.4 Acceso múltiple por división de espacio y polarización	75
CONCLUSIONES	77
GLOSARIO DE TÉRMINOS	78
BIBLIOGRAFÍA	83

INTRODUCCIÓN

A través de los años los precios de servicios de comunicación terrestre han aumentado sustancialmente en comparación a los servicios de comunicación vía satélite. Un satélite de comunicaciones esencialmente es un repetidor de radio en el cielo por lo que la facilidad para comunicar dos puntos distantes de la tierra lo hacen ser el medio ideal en los sistemas de comunicación.

Inicialmente los sistemas de comunicación vía satélite eran de naturaleza analógica por lo que se requerían de métodos de modulación de la misma naturaleza como: FM, AM, PM, etc. Con el progreso de circuitos digitales y gracias a las altas velocidades alcanzadas por estos dispositivos se observaron muchas ventajas en cuanto a la facilidad para regenerar señales, gran flexibilidad, facilidad para combinar señales, etc. Debido a que el medio de transmisión seguía siendo el aire fue necesario implementar sistemas de modulación digital como lo son ASK, FSK, PSK y QAM para adecuar las señales digitales al medio como ondas electromagnéticas.

La creciente demanda de usuarios para transmitir voz o datos dio pie a que se desarrollaran métodos de multiplexaje tanto analógicos como digitales para el mejor aprovechamiento de un medio. Sin embargo y debido a que el espectro de frecuencias electromagnéticas designado por la CCIR(Comité consultivo internacional de radio) para la transmisión de microondas vía satélite, representan una limitante en cuanto al ancho de banda. Ha sido necesario de implementar algunas técnicas de acceso al satélite para el mejor aprovechamiento del ancho de banda. Estas se tocan como punto esencial del trabajo y representan la parte medular en la eficiencia de las comunicaciones vía satélite.

CAPITULO I

SISTEMA SATELITAL BÁSICO

En 1965 se lanzó el primer satélite de comunicaciones Intelsat, seguido por los diseños de las series II, III, IV, IVA, V y VI. Intelsat fue fundada en 1964 y es administrado y operado por un consorcio internacional formado por mas de 114 miembros hasta 1989. El Intelsat brinda principalmente servicios telefónicos de larga distancia, con algunas facilidades para servicios de televisión y datos.

Se utilizan tres configuraciones estándar para las estaciones terrestres en el sistema: las estaciones A y B que trabajan en la banda 6/4-GHz, mientras que las de tipo C que operan en la banda 14/12-GHz. Para la banda 6/4-GHz se cuenta con un ancho de banda de 500 MHz de 5.925-6.425 GHz para la transmisión ascendente y el mismo ancho para la descendente 3.7-4.2 GHz. Las estaciones A tienen antenas de 26-30m de diámetro y estrictos requisitos para los amplificadores de bajo ruido. En el caso de las de tipo B se tienen requisitos no tan estrictos.

El satélite actúa como un transponedor (receptor/transmisor). Normalmente se maneja un ancho de banda de 500 MHz, y se tienen 12 transponedores cada uno de los cuales maneja un ancho de banda de 36 MHz.

Para un sistema de comunicación satelital es esencial una estación de tierra para controlar su funcionamiento y una red de usuario.

Un sistema satelital básicamente se compone de tres secciones: modelo de subida, transponder del satélite y modelo de bajada

1.1 MODELO DE SUBIDA

La sección de transmisión de una estación terrena contiene un modulador en frecuencia intermedia FI, un filtro pasa bandas FPB, un convertidor de subida (FI -RF) y un amplificador de alta potencia HPA(Klistons y TWT). La salida de potencia se expresa en watts o en dbW.

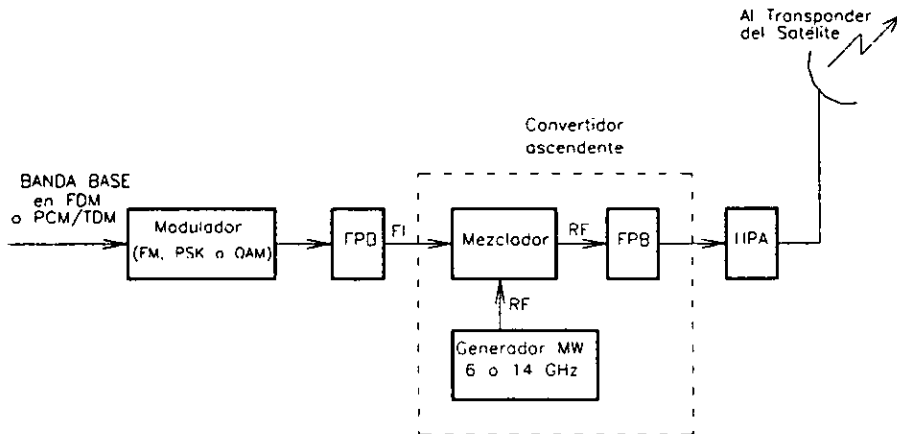


Figura I.1 Modelo de subida del satélite

1.2 TRANSPONDER

La señal recibida de la estación terrena es amplificada por una antena receptora, filtrada por un FPB y amplificada por un amplificador de bajo ruido LNA(diodo túnel TDA). Un traslador de frecuencia se requiere para evitar interferencia entre la señal de subida y bajada. Finalmente la señal es pasada por un amplificador de ondas progresivas TWT de bajo nivel.

Es importante mencionar que el ancho de banda normalmente depende de las necesidades de la red y sobre todo de normas establecidas. El ancho de banda típico para 6/4, 14/12 es de 36 MHz por transponder.

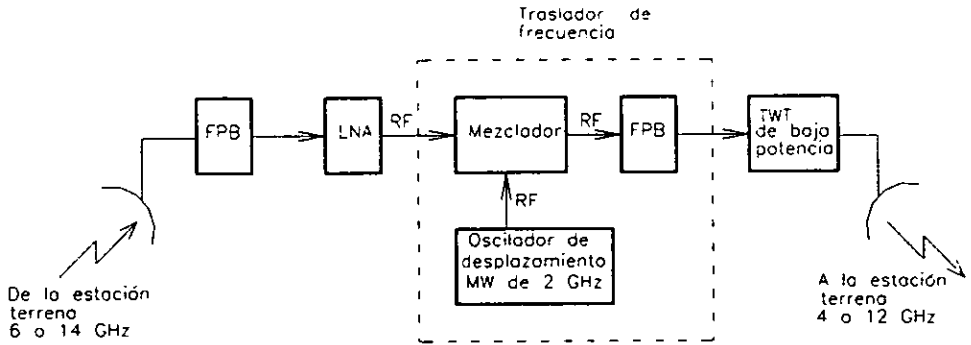


Figura 1.2 Transponder del satélite

1.3 MODELO DE BAJADA

La potencia de salida del transponder es amplificada por la antena receptora y enviado hacia un filtro pasa bandas para después llegar a un amplificador de bajo ruido LNA. Una vez que la señal ha sido amplificada se regresa a FI por medio del convertidor descendente. Finalmente la señal es demodulada y regresada a su forma original.

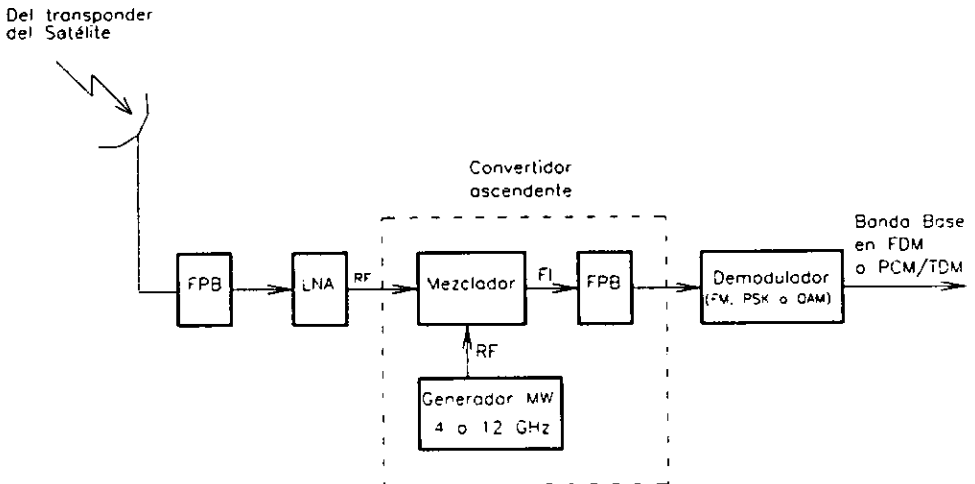


Figura 1.3 Modelo de bajada del satélite

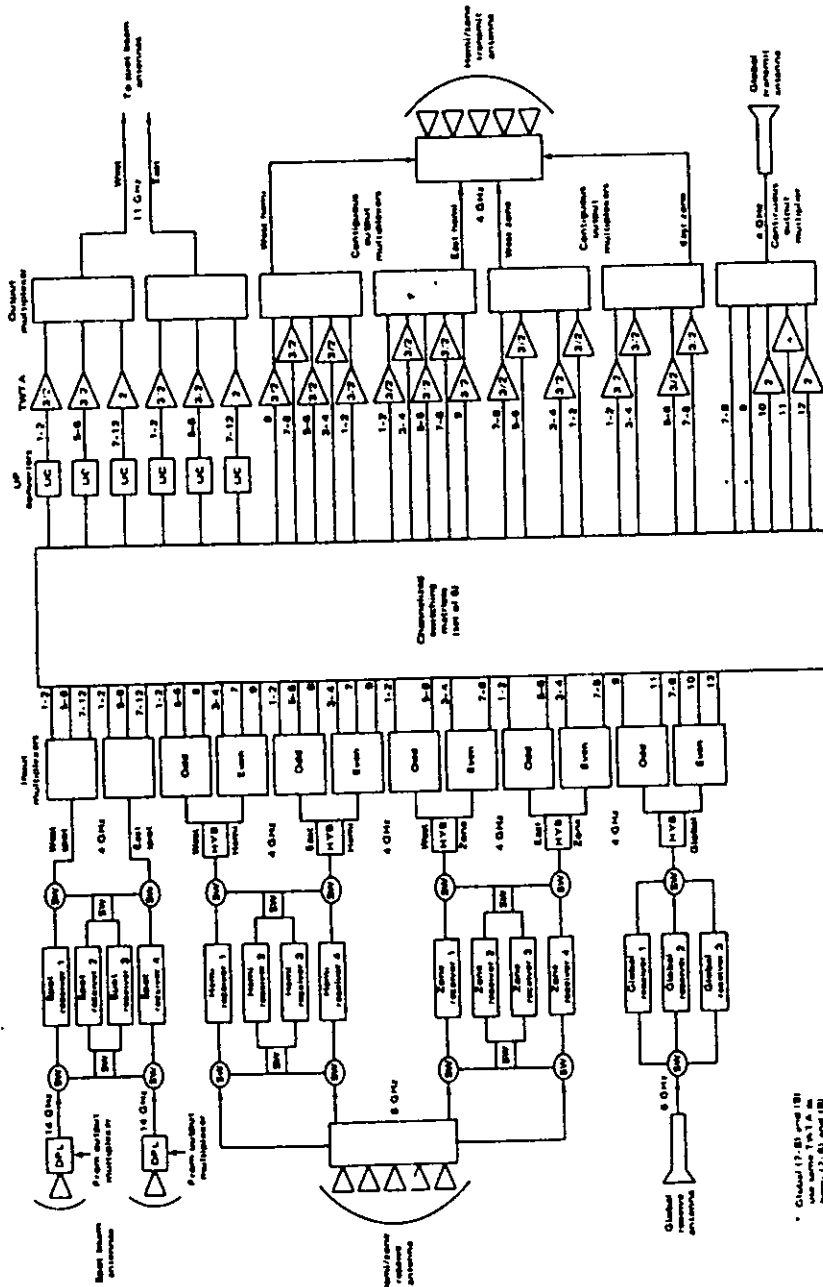


Figure 1.14 INTELSAT-V communications subsystem: simplified block diagram. (After [Hoerber, 1977], with permission.)

* Channel 17-21 and 181 use same 1.4 to 1.6 GHz range. 17-19 and 181

CAPITULO II

TÉCNICAS DE MODULACIÓN DIGITAL

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de comunicación electrónicos han sufrido cambios así como tendencias al procesamiento y transmisión de información de forma digital.

Los sistemas tradicionales que utilizan técnicas de modulación analógica convencional, como la modulación en amplitud (AM), modulación en frecuencia (FM) y la modulación en fase (PM), poco a poco van siendo reemplazadas por sistemas de modulación digital. En estos últimos la información es manejada como un tren de pulsos (señal de banda base), lo que requiere de un procesamiento diferente al que se necesita para una señal analógica. Algunas formas básicas de modulación digital que corresponden a AM, FM y PM, se conocen como modulación por conmutación de amplitud (ASK, amplitud-shift keying), modulación por conmutación de frecuencia (FSK, frequency-shift keying), modulación por conmutación de fase (PSK, phase-shift keying) y modulación de amplitud en cuadratura (QAM).

2.1 DESPLAZAMIENTO DE AMPLITUD(ASK)

En este tipo de modulación, la amplitud de la portadora conmuta entre dos valores en respuesta a una señal digital, tren de pulsos, señal cuadrada, código PCM o código binario. A este tipo de conmutación se le conoce como: encendido-apagado(OOK, on-off keying).

La señal modulada resultante consta de pulsos de RF, que representan unos lógicos y espacios que representan zeros lógicos. Fig. II.1

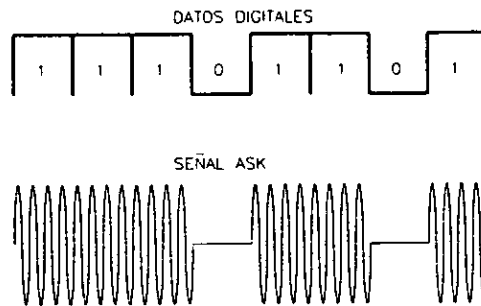


Figura II.1 Señal binaria ASK

2.2 DESPLAZAMIENTO DE FRECUENCIA (FSK)

La modulación por desplazamiento de frecuencia es una forma de modulación digital de bajo rendimiento. FSK binario es una forma de modulación angular de amplitud constante, similar a la modulación en frecuencia convencional con la diferencia de que la señal moduladora es un código binario que varía entre dos niveles de voltaje discretos. Este tipo de modulación se puede expresar matemáticamente como:

$$v(t) = V_c \cos \left[(\omega_c + v_m(t) \cdot \Delta\omega) t \right]$$

donde: $v(t)$ = forma de onda FSK binaria
 V_c = amplitud pico de portadora no modulada
 ω_c = frecuencia de portadora en radianes
 $v_m(t)$ = señal moduladora digital binaria
 $\Delta\omega$ = cambio de frecuencia de salida

El cambio de frecuencia es proporcional a la amplitud y polaridad de la señal de entrada binaria.

La señal FSK se desplaza entre dos frecuencias: una frecuencia de marca o de 1 lógico y una frecuencia de espacio o de cero lógico. Vea la fig. II.2

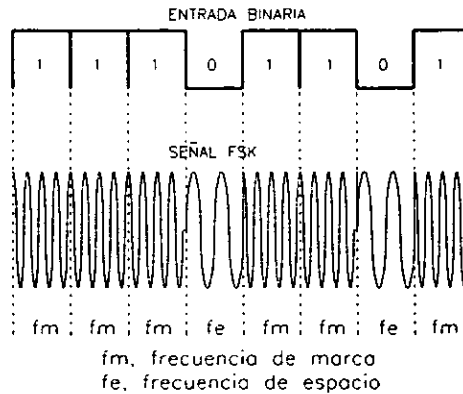


Figura II.2 Señal FSK binaria

En un FSK binario al igual que en FM, el ancho de banda mínimo es una función del índice de modulación:

$$IM = \frac{f_m - f_e}{F_b}$$

Donde:

f_m = frecuencia de marca MHz

f_e = frecuencia de espacio MHz

f_b = razón de bits de entrada Mb/s

A este mínimo ancho de banda se le conoce como mínimo ancho de banda de Nyquist de doble lado.

En este tipo de modulación se tiene un rendimiento de error más malo que para PSK o QAM, por lo que rara vez se utiliza para sistemas de radio digital de alto rendimiento (modems asíncronos).

2.2.1 Desplazamiento mínimo (MSK)

En esencia el MSK es un FSK binario, excepto que las frecuencias de marca y espacio están sincronizadas con la razón de bit de entrada binario. Con MSK, las frecuencias de marca y espacio están seleccionadas de tal forma que están separadas de la frecuencia central por un múltiplo entero impar de la mitad de la razón de bit. La figura II.3 muestra una forma de onda MSK de fase continua.

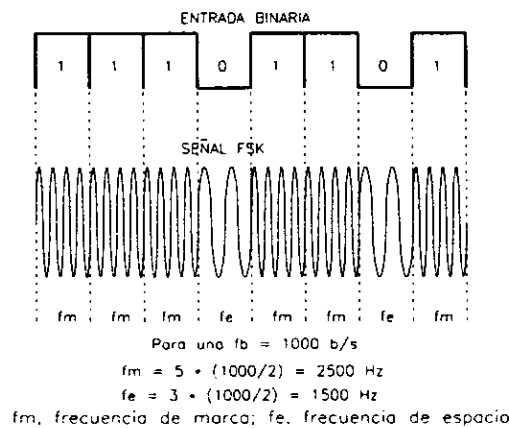


Figura II.3 MSK de fase continua

Con lo anterior se logra continuidad en el cambio de fase y por lo tanto un mejor rendimiento de error de bit que un FSK binario. La desventaja es que requiere circuitos de sincronización.

2.3 DESPLAZAMIENTO DE FASE BINARIA (BPSK)

Con este tipo de modulación se tiene una sola portadora con dos fases de salida para representar cada estado lógico. Al tener una señal de entrada digital binaria que cambia de 1 a 0, la fase de la portadora se desplaza de 0 a 180 grados. Vea la figura II.4.

En un modulador balanceado o de producto BPSK, la portadora ($\sin(\omega_c t)$) se multiplica por +1 voltio en el caso de tener un uno lógico y por -1 voltio en el caso de tener un cero lógico. Por lo que tendremos una señal de salida de $\pm \sin(\omega_c t)$.

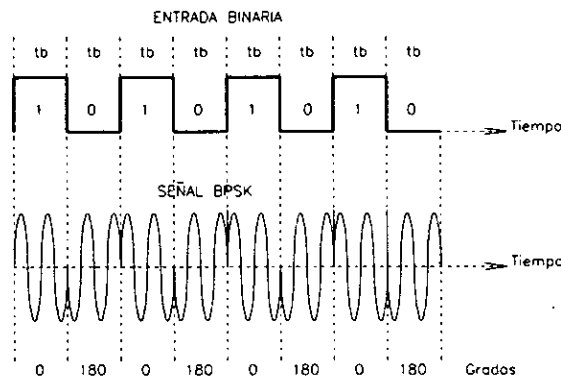


Figura II.4 Señal binaria modulada en BPSK

Como se puede observar cada nivel lógico representa un cambio de fase de las dos únicas posibles. La razón de cambio a la salida se conoce como baudio y es igual a la razón de cambio de bits a la entrada bps. Sin embargo el mayor ancho de banda se tiene cuando existen cambios consecutivos de 1 - 0's a la entrada. El mínimo ancho de banda de doble lado de salida para un modulador BPSK esta dado por la siguiente expresión:

$$F_N = 2 \cdot f_b / 2 = f_b$$

F_N ; Ancho de banda de doble lado Hz

f_b ; Razón de bits de entrada (información) bits/segundo

En la figura siguiente se muestran el diagrama fasorial, de constelación y la tabla de verdad para este tipo de modulador.

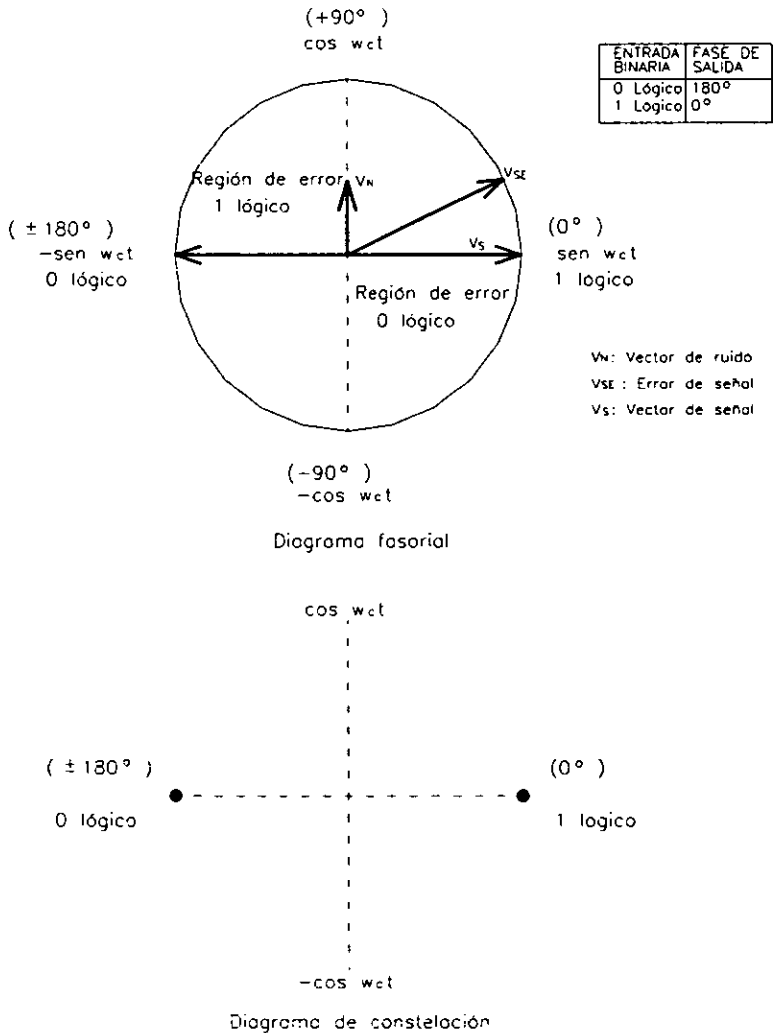


Figura II.5 Diagrama fasorial y de constelación para un modulador BPSK

Por el lado del demodulador es necesario recuperar la señal de portadora que es coherente, tanto en frecuencia como en fase, con la portadora del transmisor original. Al ser un demodulador de producto con un filtro pasa bajas en la salida, este multiplica la señal BPSK con la portadora recuperada. Finalmente se obtienen a la salida los siguientes niveles lógicos:

+1/2V para 1 lógico

-1/2V para 0 lógico

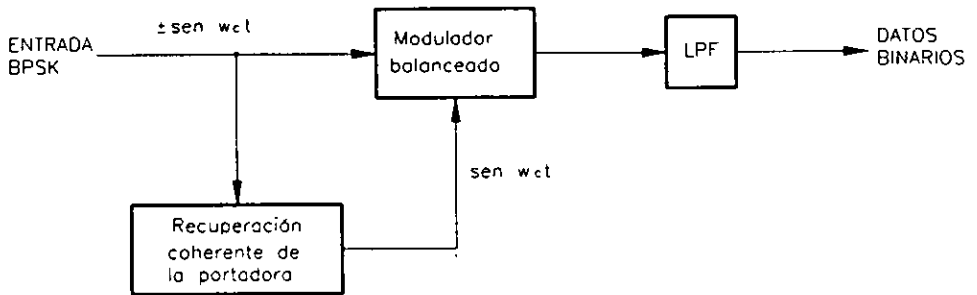
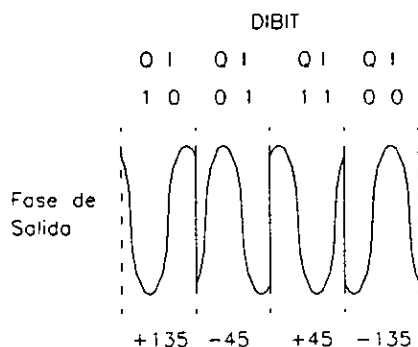


Figura II.6 Demodulador BPSK

2.3.1 DESPLAZAMIENTO DE FASE CUATERNARIA (QPSK)

Es una forma de modulación digital de modulación angular de amplitud constante y representa una técnica de codificación M-ario, en donde $M=4$.

En este tipo de modulador tenemos cuatro fases de salida para una sola frecuencia de portadora. Para lograr lo anterior es necesario trabajar con grupos de dos bits conocidos regularmente como DIBITS. El utilizar dos dígitos binarios nos permite obtener cuatro posibles combinaciones de unos y ceros: 00, 01, 10 y 11. Cada una de las combinaciones serán representadas por una de las cuatro posibles fases de salida.



Señal de salida contra tiempo para modulador QPSK

Figura II.7 Fase de salida contra tiempo de un modulador QPSK

En la figura II.8 se representa un modulador de QPSK. Cada par de bits llega en forma serial al derivador para después ser enviado paralelamente a los canales I y Q. Dependiendo del estado lógico de cada bit, se asigna un $+1V$ (1 lógico) o un $-1V$ (0 lógico). Este es multiplicado por una señal $\sin(\omega_c t)$ en el caso del canal I o por una señal $\cos(\omega_c t)$ en el caso del canal Q.

Finalmente las dos señales llegan a un sumador lineal y pasan a través de un filtro pasa banda donde se obtienen cuatro posibles fases resultantes. Podemos observar que cada una de las posibles fases resultantes tienen la misma amplitud. Vea la fig. II.9.

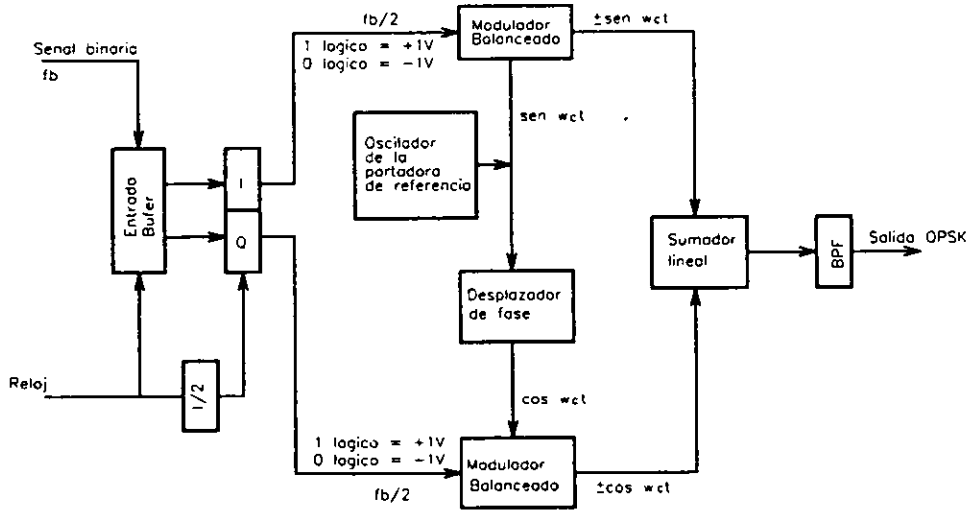


Figura II.8 Modulador QPSK

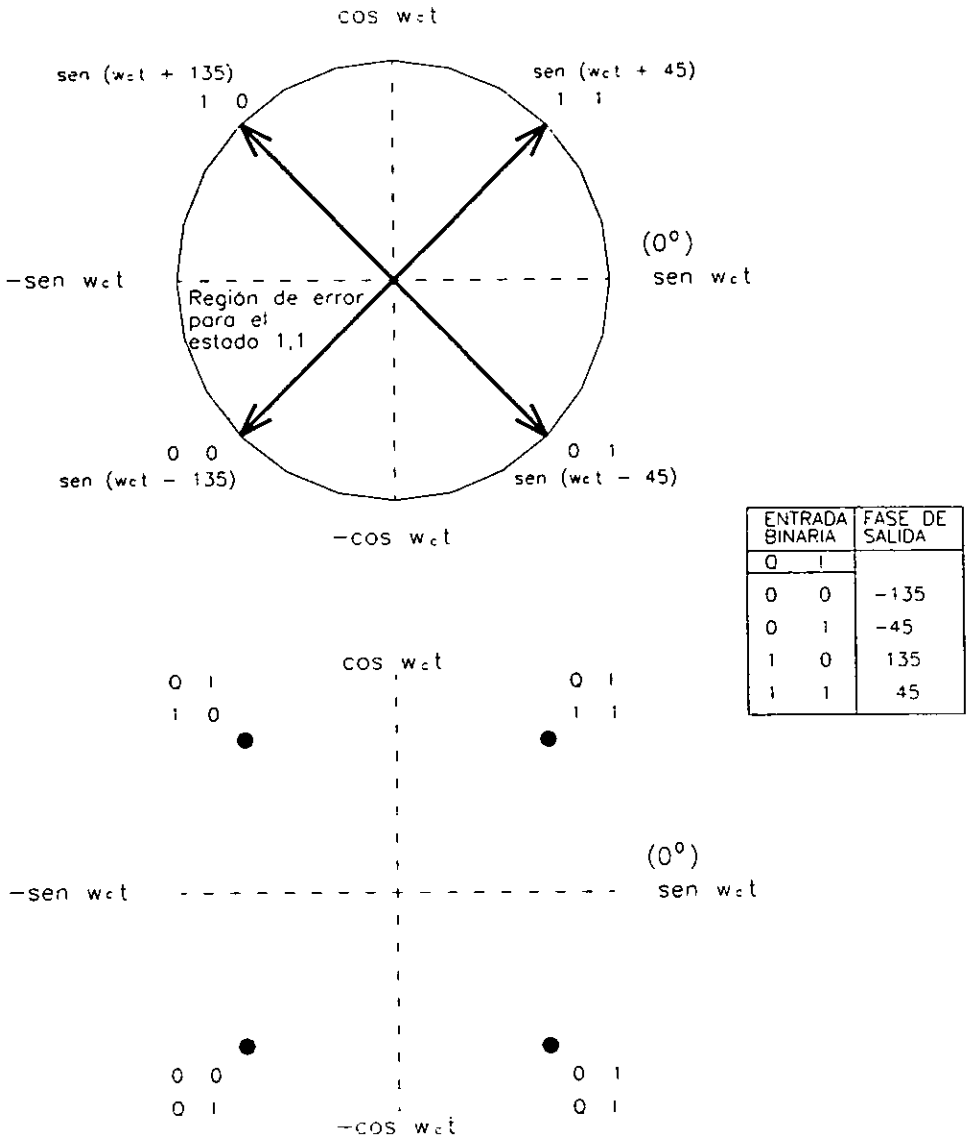


Figura II.9 Diagrama fasorial y de constelación para un modulador QPSK

Debido a que los datos de entrada son enviados por dos canales, la tasa de bits/seg. en los canales I y Q son la mitad de la tasa de datos de entrada ($f_b/2$). Se provoca entonces un estiramiento de los datos de entrada al doble de su longitud. La frecuencia fundamental más alta presente en la entrada de datos al modulador balanceado I o Q es igual a un cuarto de la tasa de datos de entrada. Como consecuencia el mínimo ancho de banda de Nyquist de doble lado esta dado por:

$$F_N = f_b / 2.$$

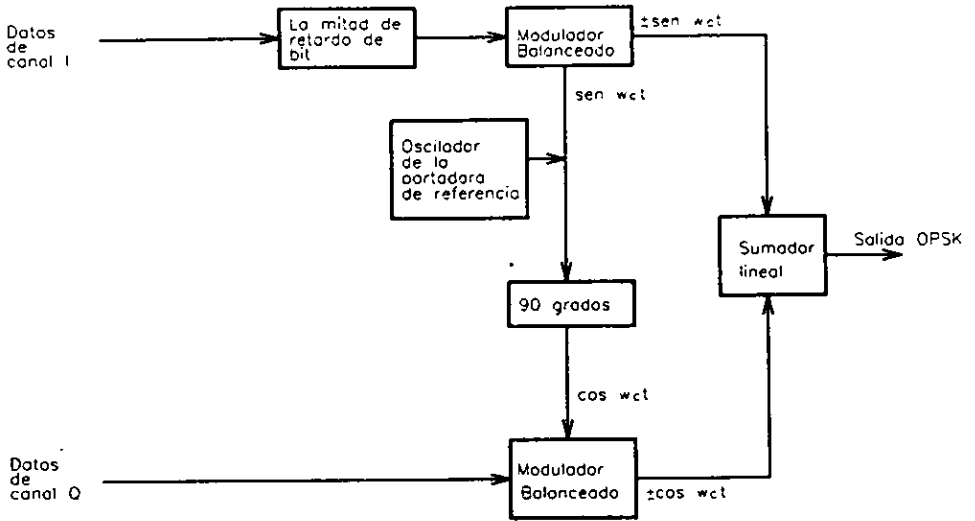
Por el lado del demodulador la señal QPSK, llega a un derivador de potencia que la envía a dos canales (I, Q). Además se recupera la portadora coherente, en frecuencia y fase con la portadora de referencia transmisora. En los detectores de producto el canal I se multiplica por la portadora y el canal Q por la portadora adelantada 90 grados. Cada resultado es enviado a un filtro pasa bajas en donde se obtienen dos posibles resultados: $+1/2 V$ (0 lógico) o $-1/2 V$ (1 lógico) para finalmente ser entregados como un flujo de datos de salida binarios.

2.3.1.1 QPSK de compensación (offset)

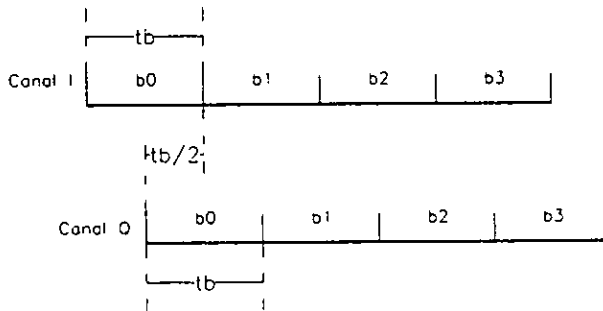
Como se observo en los moduladores del tipo QPSK, la información llega en forma serial y se trabaja con grupos de 2 bits. El primero de los dos bits en llegar se ubica en el canal I y el segundo en el canal Q para después ser enviados de manera conjunta a la siguiente sección.

En el caso de OQPSK (QPSK de compensación) la llegada del primer bit se retarda el equivalente a $1/2$ bit y pasa a la siguiente sección. El segundo bit pasa directamente a la siguiente etapa lo que provoca un defasamiento de las señales al momento de llegar al modulador balanceado. En la figura II.10, se observa un diagrama a bloques de este tipo de modulador así como su diagrama de constelación.

Como se pudo observar en el modulador QPSK se pueden dar cambios de fase hasta de 180 grados cuando un bitio pasa de 00-11 o cuando pasa de 10-01. En el caso de OQPSK el máximo cambio de fase a la salida del modulador no excede los 90 grados.



a)



b)

Figura II.10 a) Modulador de QPSK b) Alineación de bits

Una de las desventajas de este tipo de modulación es que el mínimo ancho de banda es el doble del ancho de banda de un QPSK:

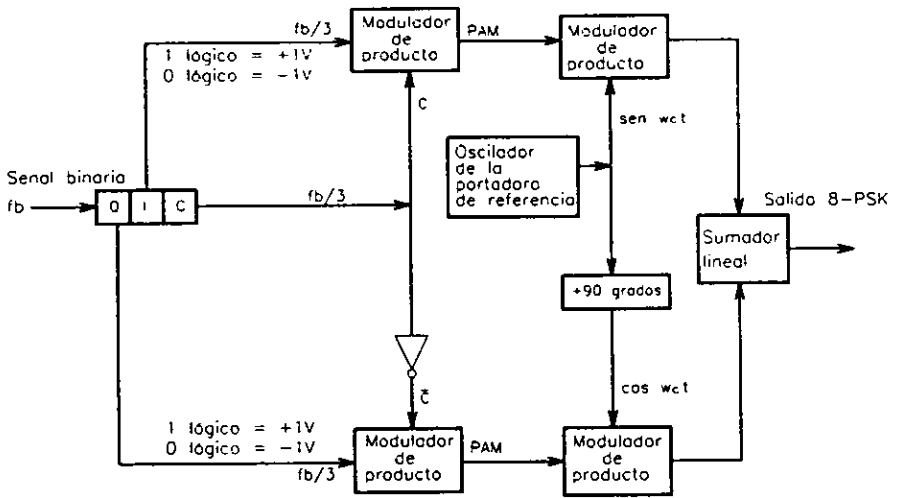
$$FN = fb$$

2.3.2 PSK DE OCHO FASES

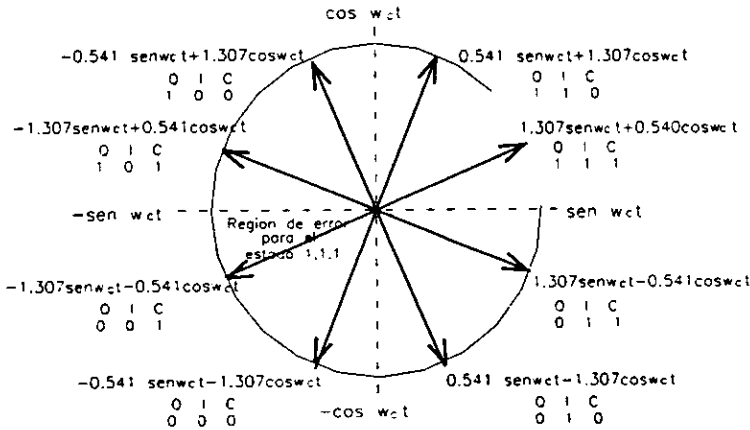
8-PSK es una técnica de codificación M-aria donde $M=8$ y en donde tenemos hasta 8 posibles fases de salida. Para obtener ocho fases de salida se trabaja con un grupo de tres bits conocido como tribit. En la figura II.11, se puede observar la llegada de un grupo de 3 bits los cuales se envían paralelamente a tres canales I, C y Q. Los bits llegan a 2 convertidores D/A en donde se tiene modulación por amplitud de pulso (PAM). Los canales I y Q definen la polaridad de la señal analógica (1 lógico = +1V y 0 lógico = -1V), mientras que C y C' definen la amplitud (1 lógico = 1.307V y 0 lógico = 0.541 V). A continuación la información llega a un modulador de producto para después pasar a un sumador lineal a partir del cual se obtienen 8 posibles fases de salida para la misma frecuencia portadora.

Para este tipo de modulador hay un cambio de fase por cada 3 bits de entrada por lo que el mínimo ancho de banda de doble lado puede ser:

$$FN = fb / 3$$



a)



ENTRADA BINARIA	FASE DE SALIDA
0 0 0	-112.5
0 0 1	-157.5
0 1 0	-67.5
0 1 1	-22.5
1 0 0	+112.5
1 0 1	+157.5
1 1 0	+67.5
1 1 1	+22.5

c)

b)

Figura II.11 a) Modulador 8-PSK ; b) Diagrama fasorial; c) Tabla de verdad

2.3.3 PSK DE DIECISEIS FASES

Al igual que la modulación digital del tipo PSK, sigue siendo una técnica de codificación M-aria de 16 fases de salida y una frecuencia de portadora constante. Para este caso la llegada de los bits se da en forma serial para después reagruparlos en bloques de 4 bits. A este grupo de 4 bits se le conoce como Quabit y permite reducir el ancho de banda hasta un mínimo de:

$$FN = fb / 4$$

2.4 MODULACIÓN DE AMPLITUD EN CUADRATURA

En este tipo de modulación la portadora puede variar tanto en fase como en amplitud. Podemos pensar que es una combinación entre PSK y ASK.

2.4.1 QAM DE OCHO

Sigue siendo una técnica de modulación M-aria, en donde M=8 y en donde la amplitud y fase de la portadora pueden cambiar. En este tipo de modulación digital se permiten 2 cambios de nivel por 4 fases distintas. Vea la figura II.12.

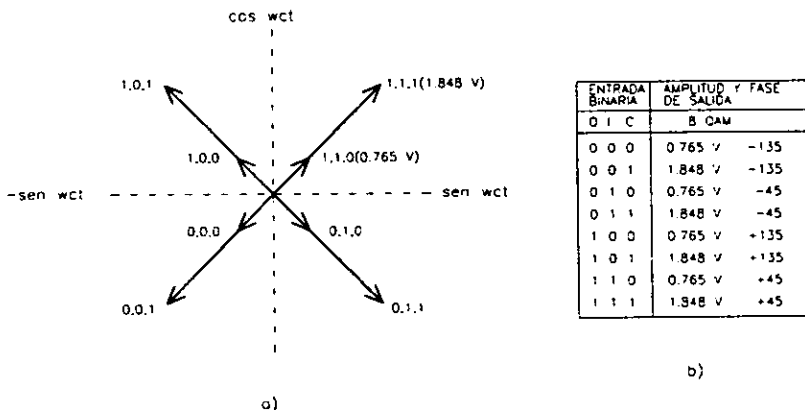


Figura II.12 a) Diagrama fasorial; b)Tabla de verdad

El transmisor utilizado para este tipo de modulación es muy parecido al de un 8-PSK, con la única diferencia de que no existe la parte inversora del bit C para el convertidor de nivel en el canal Q. Debido a que el bit Q determina la amplitud a la salida del convertidor de nivel de 2-4, los dos niveles son iguales.

Puesto que la modulación se realiza con la llegada de un grupo de 3 bits al igual que en 8-PSK, el mínimo ancho de banda es:

$$FN = fb / 3$$

2.4.2 QAM DE DIECISÉIS

Sistema M-ario de $M=16$ y en donde los bits de entrada al modulador se conforman en bloques de 4. La fase y la amplitud pueden cambiar dependiendo del estado lógico de los bits de entrada.

Un ejemplo de este tipo de modulación digital es aquel en el cual se permiten 3 cambios de nivel por 12 fases distintas.

El mínimo ancho de banda de Nyquist para este tipo de modulador es igual a:

$$FN = fb / 4$$

CAPITULO 3

MODULACIÓN POR CODIGO DE PULSOS (PCM)

El sistema PCM fue patentado en 1939 por Sr. Alec Reeves, Ingeniero de laboratorio de la compañía Internacional de Telefonía y telegrafía (ITT) en Francia. Fue hasta 1962 que comenzó la producción a gran escala de los codificadores PCM gracias a la introducción de los transistores.

La modulación de pulsos codificados PCM es la única de las técnicas de modulación de pulsos codificados que se usa en un sistema de transmisión digital y su aplicación principal ha sido para telefonía en sistemas donde se requiere la conversión de un canal de voz a un código digital. El sistema PCM es dependiente de tres operaciones separadas: muestreo, cuantización y codificación.

3.1 MUESTREO

El propósito del circuito de muestreo y retención es probar periódicamente la señal de entrada analógica continuamente cambiante y convertir la señal en una serie de muestras PAM (modulación por amplitud de pulsos). De la velocidad de muestreo depende el grado de fidelidad con que se podrá recuperar la señal analógica original.

De acuerdo al teorema de Nyquist la mínima razón de muestreo f_s es igual al doble de la frecuencia de entrada más alta f_m .

$$f_s \geq 2f_m$$

Es importante mencionar que el ancho de banda definido para un canal de voz es de 0-4000Hz por lo que la frecuencia de muestreo será de 8000 Hz.

Si por alguna razón esta frecuencia de muestreo es inferior a $2f_m$, se puede provocar un efecto conocido como Aliasing (Distorsión encimada).

Esta señal deberá ser retenida durante un tiempo $t=1/f_s$ para que el circuito de cuantización pueda asignar un valor a la muestra tomada. En la fig. III.1 se muestra el espectro de una señal muestreada.

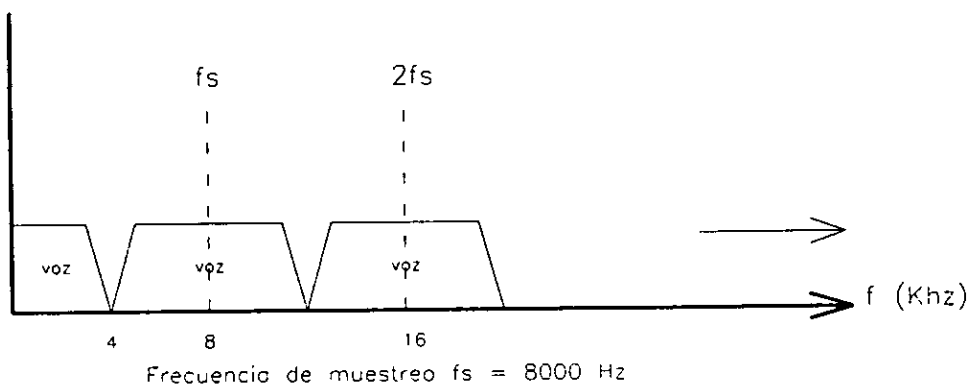


Figura III.1 Espectro a diferentes velocidades de muestreo

3.2 CUANTIFICACIÓN

Esta tarea es realizada por un convertidor analógico- digital y se lleva a cabo después del muestreo y retención.

Es el proceso de mapear las muestras tomadas de una señal de amplitud continua para obtener un número finito de posibles valores de amplitud. Debido a que las muestras tomadas van a ser definidos por números binarios es importante establecer la cantidad de valores que podrán ser descritos. Es decir, si una amplitud cae dentro de un intervalo definido entonces deberá tomar el valor asignado para ese intervalo.

El número de pasos de decisión está determinado por el número de bits que forman la palabra digital con la que ha de representarse cada valor de amplitud. En la práctica para los sistemas PCM se utilizan 8 bits por lo que tenemos 256 posibles valores 128 positivos y 128 negativos.

Existen 3 diferentes tipos de cuantización:

- Uniforme
- No uniforme
- Polarizada

El problema de utilizar la cuantización uniforme o polarizada es que el error de cuantización es el mismo tanto para señales de alto nivel como para señales de bajo nivel. Esto provoca que la relación señal a ruido SQR sea mucho menor a niveles bajos. Por lo que en las de bajo nivel se tiene un mayor error de asignación.

Para compensar lo anterior y reducir el efecto del ruido de cuantificación se utiliza la codificación no lineal en donde el error de cuantización es menor para señales de bajo nivel que para las de mayor nivel. La ventaja es que la relación SQR es constante en todo el rango de amplitud. A este método de utilizar leyes de codificación no lineales se conoce como "Compansión". Este término se refiere a los procesos realizados tanto en la transmisión como en la recepción. En la transmisión se comprime y en la recepción se expande.

3.3 CODIFICACIÓN

En la actualidad se utilizan dos leyes de codificación PCM: La ley μ y la ley A.

La ley μ es utilizada para sistemas de 24 canales principalmente por EU y por Japón. La ley A es utilizada actualmente en nuestro país y en países Europeos (estándar europeo CCITT).

- En la gráfica III.2 se puede observar las características de compresión para la ley A. Finalmente cada muestra de nivel de la señal analógica será representada por un código basado para nuestro caso en la ley A y representado por 8 bits. El bit más significativo se utiliza para representar la polaridad de la muestra(1 positivo, 0 negativo). Los 3 bits siguientes definen el segmento en que cae la muestra(para 8 segmentos) y los 4 menos significativos indican la posición dentro del segmento dado.

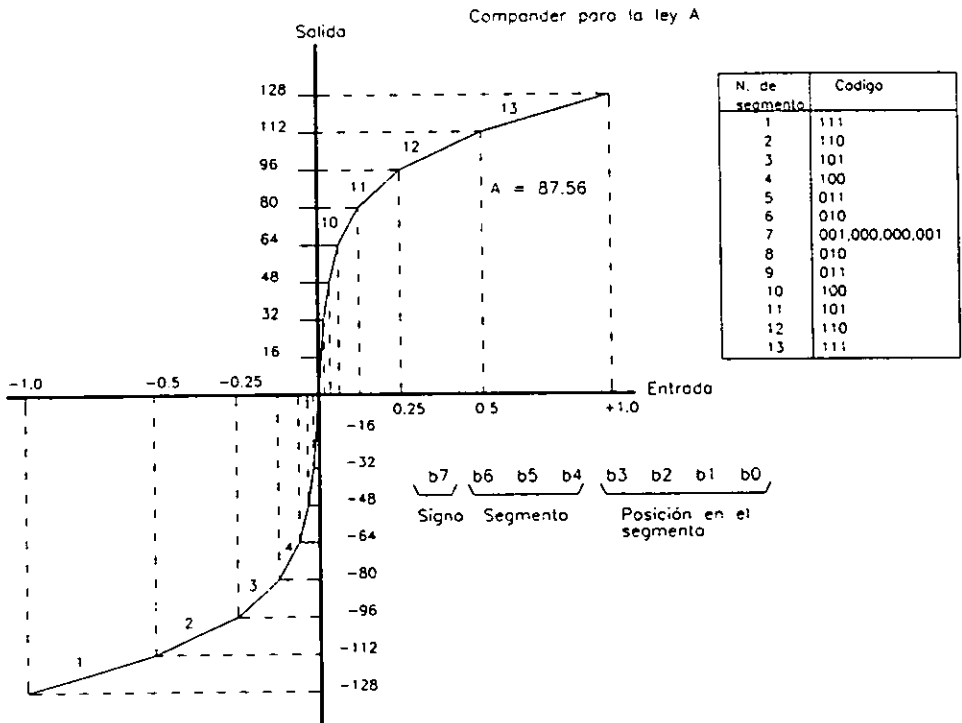
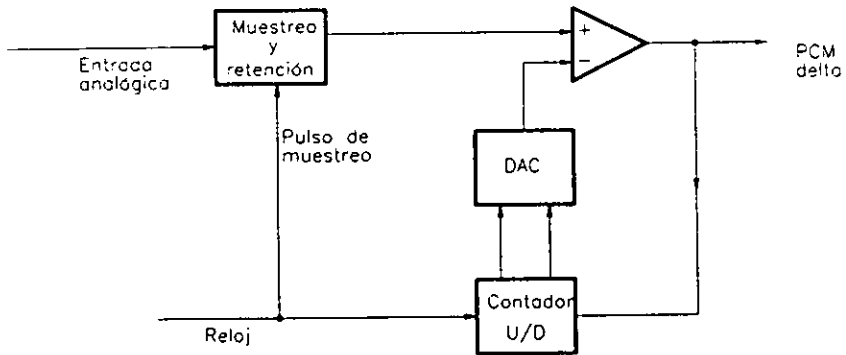


Figura III.2 Compunder para ley A

3.4 MODULACIÓN PCM DELTA

La modulación delta utiliza un código PCM de bit sencillo para lograr la transmisión digital de la señal analógica. Con la modulación delta, en vez de transmitir una representación codificada de la muestra, solo se transmite un bit sencillo para determinar si la muestra es mayor (1 lógico) o menor (0 lógico) que la muestra anterior.



a)



b)

Figura III.3 Modulador PCM delta

En la Fig. III.3^a se puede observar un transmisor de modulación delta. La señal de reloj representa la velocidad de muestreo de la señal analógica mientras que el valor en el contador determina la amplitud a la salida del DAC. La señal PAM será comparada con la salida del valor anterior del DAC para producir un 1 lógico (+V) a la salida del comparador en caso de ser mayor ó un 0 lógico (-V) en caso de ser menor al valor anterior retenido en el contador.

Hay dos problemas asociados con este tipo de modulación:

Sobrecarga de la pendiente. Cuando la pendiente de la señal analógica cambia a una tasa muy rápida comparada con el DAC.

Ruido granular. Cuando la señal de entrada analógica tiene una amplitud constante, la señal reconstruida tiene variaciones provocadas por la amplitud mínima del escalón.

3.5 MODULACIÓN PCM DELTA ADAPTIVA

Es un sistema de modulación delta en donde el tamaño del escalón del DAC varía automáticamente, dependiendo de las características de la señal de entrada analógica. En la fig. III.4 se observa como el tamaño del escalón se modifica de acuerdo a la pendiente de la señal.

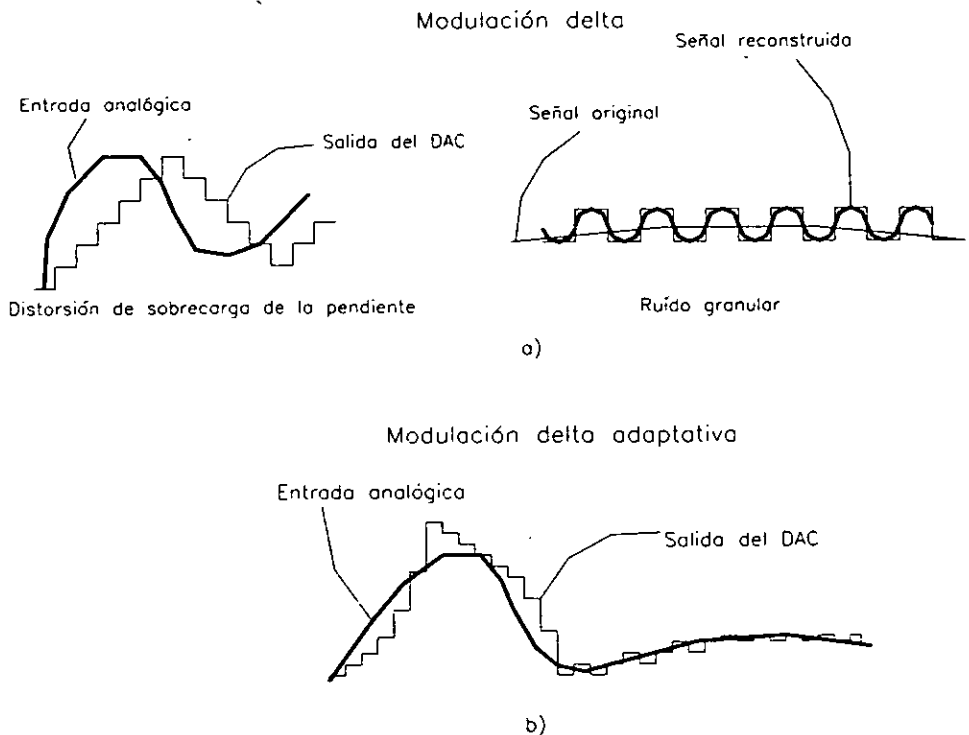


Figura III.4 Comparación entre la respuesta de: a) Modulación delta; b) Delta adaptativa

3.6 MODULACIÓN DE PULSOS CODIFICADOS DIFERENCIALES

En la PCM dos muestras PAM se codifican exactamente igual cuando su diferencia es mínima lo que implica transmitir 2 códigos PCM idénticos. En el caso de DPCM la diferencia en la amplitud de las dos muestras sucesivas se transmite en vez de la muestra verdadera. Por lo tanto se requiere de menos bits para DPCM que para PCM.

3.7 Vocoders

Al digitalizar solo canales de voz se usan codificadores/decodificadores de voz especiales llamados vocoders. El propósito de estos es codificar la mínima cantidad de información de voz necesaria. Los mas desarrollados producen una señal de voz más natural y transmiten voz entre 1.2 y 2.4 Kb/s.

CAPITULO 4

MULTIPLEXAJE

4.1 MULTIPLEXAJE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDM)

En la multicanalización por división de frecuencia, la información que entra es puramente analógica y permanece en ese estado durante toda la transmisión.

En este tipo de multiplexión, múltiples fuentes que normalmente ocupan el mismo espectro de frecuencias se modulan a una frecuencia de portadora diferente con el fin de enviarse por un mismo medio de transmisión sin que se traslapen. La portadora de cada señal modulada, deberá de ser lo bastante alejada de la anterior para que cada densidad espectral este separada de las demás. Podemos decir que muchos canales analógicos de banda relativamente angosta se transmiten por un solo canal de banda ancha.

En la figura IV.1 podemos observar como 3 señales modulan a 3 portadoras diferentes: ω_1 , ω_2 y ω_3 . Con la intención de que el ancho de banda de cada señal no se traslape con las otras. Las frecuencias centrales deberán estar separadas por lo menos $2\omega_m$. En donde ω_m corresponde al ancho de banda de la señal original.

En la práctica, la señal compuesta formada por las diferentes bandas angostas pueden modularse con otra frecuencia de portadora. Por lo que se puede llamar subportadoras a: ω_1 , ω_2 y ω_3 .

En lo que respecta el receptor con una sola antena podemos captar la señal de banda ancha de RF para después hacerla pasar por filtros pasa banda FPB con la intención de recuperar cada uno de los espectros de banda angosta, para después ser demoduladas.

Otra posibilidad es la de tener un filtro pasa bandas sintonizable con la intención de seleccionar la frecuencia central de la señal deseada. Un ejemplo claro de este tipo de receptor es el radio de AM ó FM.

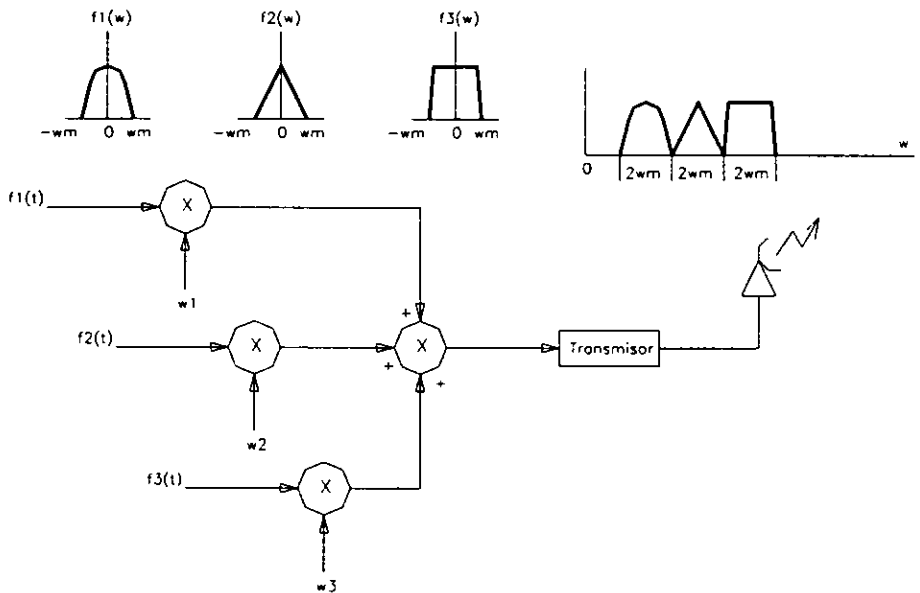


Figura IV.1 FDM Multiplexaje por división de frecuencia

Un ejemplo representativo de FDM se observa en la figura IV.2 donde se observa una jerarquía FDM de AT&T de canales de voz en la cual se representa la estructura que finalmente se relaciona con FDMA para comunicación satelital.

Doce canales analógicos de mensajes con un ancho de banda de 4KHz forman lo que se conoce como Banco de canales ó grupo básico que es el siguiente nivel dentro del grupo jerárquico.

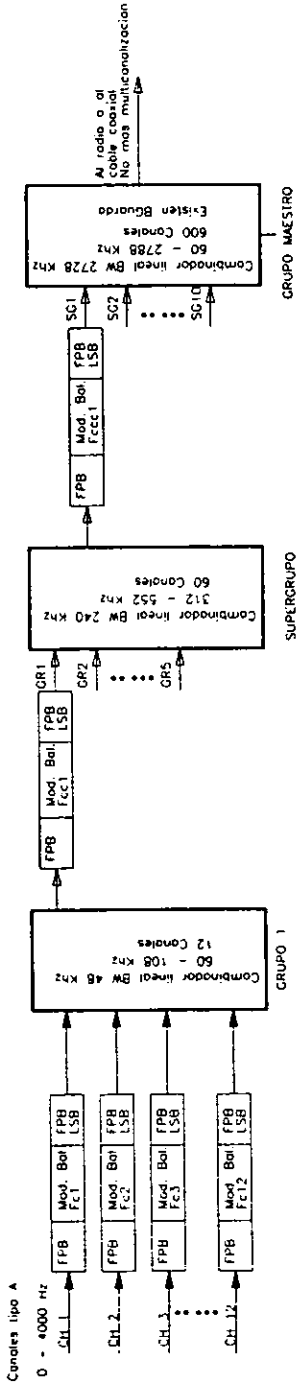
Cinco grupos básicos conforman el siguiente nivel conocido como Supergrupo básico el cual contiene hasta 60 canales de mensajes.

El grupo maestro básico o banco de supergrupos contiene 10 supergrupos conteniendo hasta 600 canales de mensajes en total.

Hay dos categorías de grupos maestros que son U600 y L600 para diferentes bandas de frecuencia. Tres grupos maestros forman un banco de grupos maestro con 1800 canales de mensaje.

Después de este existe el grupo jumbo para 3600 canales y el super-jumbo para 10800 canales de mensajes.

JERARQUIA FDM DE AT&T



3002 Equivale a un canal de voz de 4 KHz
3001 Es un canal telegrafico 4000/24 = 166.67 Hz

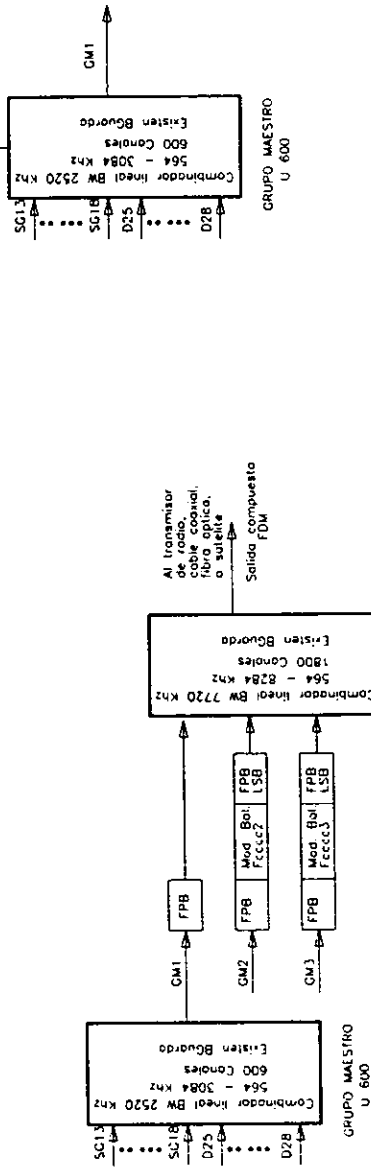


Fig. N.2 Jerarquia FDM de AT&T

4.2 MULTIPLEXAJE POR DIMSIÓN DE TIEMPO (TDM)

Con TDM las transmisiones de varias fuentes de información se transmiten por el mismo medio pero en una ranura de tiempo diferente. Un ejemplo típico de TDM es la utilización de un PCM por cada canal de voz para después ser multiplexados en TDM. En la fig.IV.3 se observa que mientras el primer canal de voz se esta enviando, el segundo canal se esta codificando y así sucesivamente.

En TDMA se verá mas acerca de una aplicación típica de TDM.

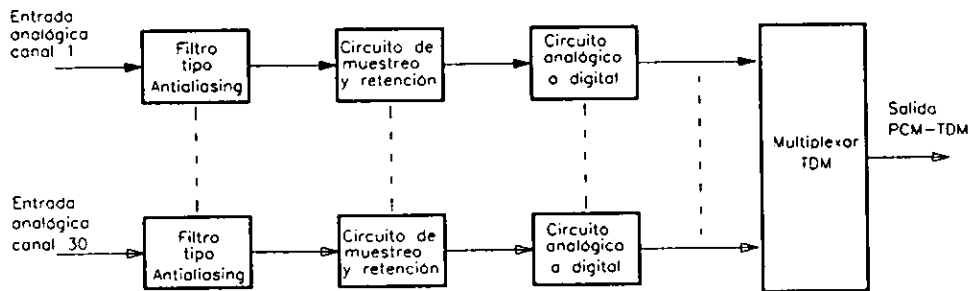


Figura IV.3

CAPITULO 5

TÉCNICAS DE ACCESO AL SATÉLITE

CAPITULO 5

TÉCNICAS DE ACCESO AL SATÉLITE

En un sistema de comunicaciones vía satélite uno de los principales objetivos es el de poder transmitir información a larga distancia utilizando el espacio como medio de transmisión. La comunicación telefónica es la mayor carga de información con la que trabaja el satélite motivo por el cual ha sido necesario implementar nuevos métodos de intercambio de información para optimizar la capacidad de un transponedor satelital. Existen diferentes sistemas de transmisión de información vía satélite siendo el FDM/FM uno de los primeros sistemas de enlace sencillo utilizados. Un sistema mediante el cual un gran número de estaciones terrenas puede acceder a un satélite común y establecer enlaces independientes de comunicación a un mismo tiempo, se conoce como sistema de acceso múltiple. Dentro de los sistemas de acceso múltiple existen 3 básicos de los cuales se derivan algunos otros: Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y Acceso múltiple por división de código (CDMA). Del aprovechamiento del modo de polarización y del número de antenas se derivan el de acceso múltiple por división de espacio y el de acceso múltiple por división de polarización.

Es posible clasificar el tipo de acceso múltiple desde el punto de vista de la utilización de un circuito:

- a) Acceso múltiple en modo preasignado: Los circuitos requeridos por dos estaciones terrenas se asignan permanentemente para su uso exclusivo.
- b) Acceso múltiple de asignación por demanda: Los circuitos requeridos por dos estaciones terrenas se asignan en el momento en que ellas lo soliciten de entre un grupo de circuitos comunes.

5.1 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDMA)

Este es un método similar al FDM visto con anterioridad y dispone de un grupo de frecuencias el cual se puede asignar a los usuarios ya sea en preasignación o en asignación por demanda. Aquí un ancho de banda de RF se divide en pequeñas bandas de frecuencia a las que se conoce como subbandas o subdivisiones. Estas son utilizadas para llevar un canal de banda de voz.

Una desventaja de este sistema es que al estar presentes varias portadoras se produce una distorsión por modulación cruzada IMC, Esta distorsión se puede aligerar apagando las portadoras FI no usadas lo cual es inherente en QPSK

5.1.1 FDM/FM/FDMA (Pre-asignación)

Cada estación de origen transmite en dirección del satélite una portadora de frecuencia propia a la estación. La señal transmitida normalmente contiene varios canales de voz multiplexados y ordenados en forma conocida y finalmente modulan a una portadora propia del canal.

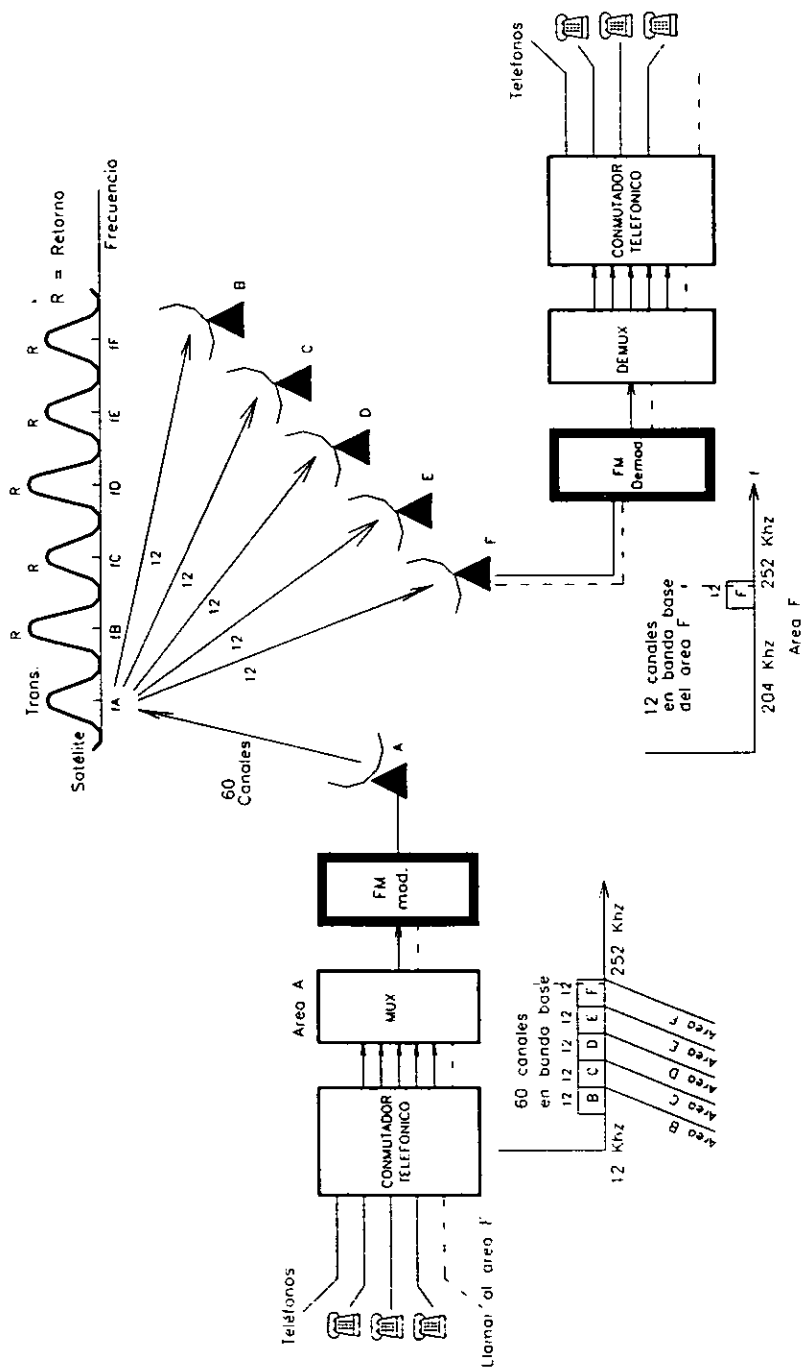


Fig. V.1 FDM/FM/FDMA en pre-asignación

El ancho de banda así como la frecuencia de la portadora asignada a cada una de las estaciones, depende del número de canales de información que las últimas manejen. Las portadoras se reparten en los diferentes transponedores y se yuxtaponen con el mínimo de separación posible evitando el que se presente traslape entre espectros.

La asignación de segmento para un transponder de 36 MHz puede llegar a soportar hasta 14 estaciones terrenas con 24 canales de voz en el plan estándar de modulación CCITT. Un ejemplo para intelsat VI de un transponder de 36 MHz se presenta en la tabla V.2

La portadora de cada estación terrena contiene una configuración de FDM en su modulación formada por grupos y supergrupos. Ve fig.IV.2 anterior.

Para un doble servicio completo una estación terrena recibe una portadora desde un sitio distante con el cual se provee la conectividad. Así en su enlace de bajada, este deberá recibir y seleccionar por filtración portadoras de cada sitio para después demultiplexarlas.

Una extensión de esta técnica es la encontrada con aplicación de un solo canal por portadora SCPC, donde cada canal de voz o datos modula una portadora.

Tabla V.2 INTELSAT V, VA, y VI de cobertura global: Capacidad de canales de voz contra Asignación de frecuencia.

Capacidad de canales (n)	Frecuencia de banda base tope (KHz)	Ancho de banda asignado (MHz)	Ancho de banda Ocupado (MHz)
24	108.0	2.5	2.00
36	156.0	2.5	2.25
48	204.0	2.5	2.25
60	252.0	2.5	2.25
60	252.0	5.0	4.00
72	300.0	5.0	4.50
96	408.0	5.0	4.50
132	552.0	5.0	4.40
96	408.0	7.5	5.90
132	552.0	7.5	6.75
192	804.0	7.5	6.40
132	552.0	10.0	7.50
192	804.0	10.0	9.00
252	1052.0	10.0	8.50
252	1052.0	15.0	12.40
312	1300.0	15.0	13.50
432	1796.0	15.0	13.0
432b	1796.0	17.5	15.75
432	1796.0	20.0	18.0
612	2540.0	20.0	17.8
432	1796.0	25.0	20.7
792	3284.0	25.0	22.4
972	4028.0	36.0	36.0
1092c	4892.0	36.0	36.0

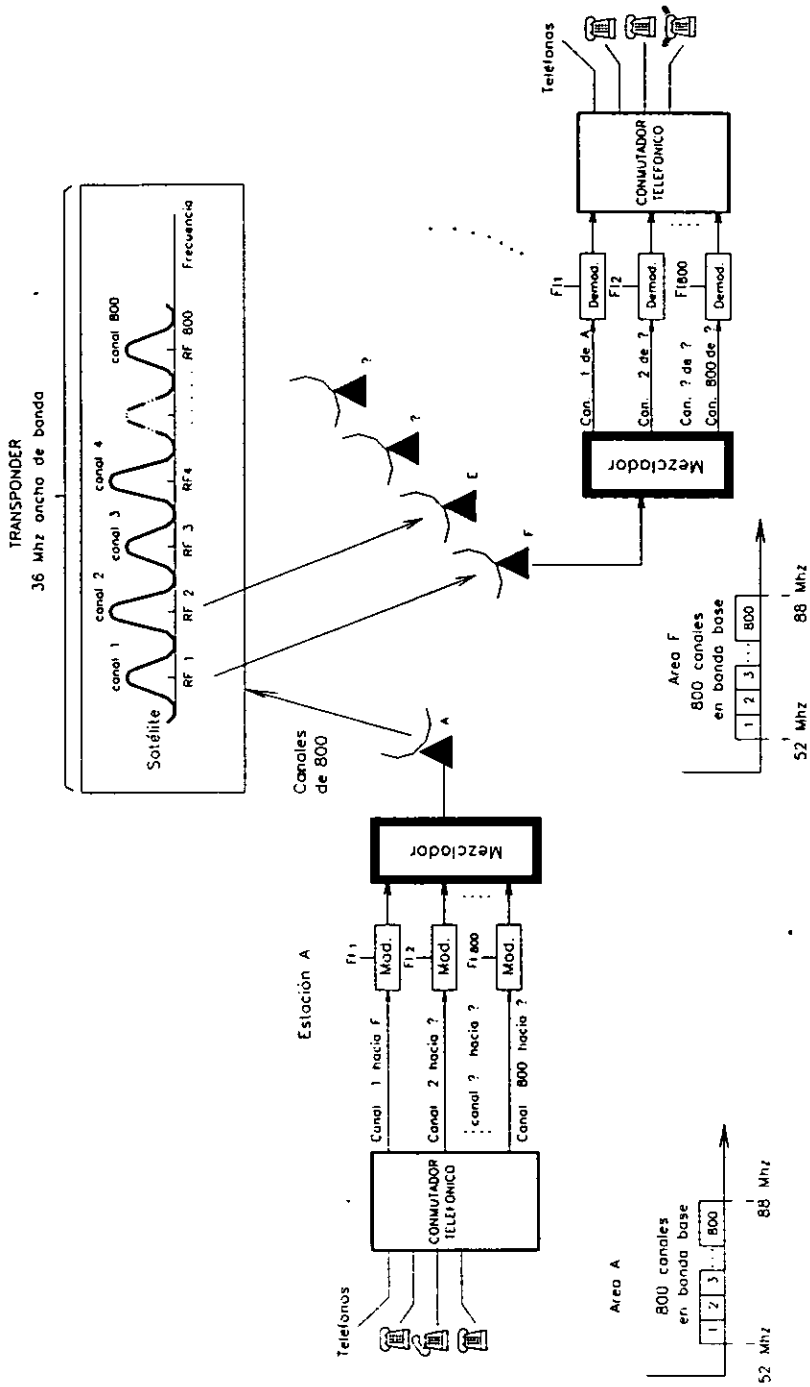
5.1.2 CANAL UNICO POR PORTADORA (SCPC)

Esta es otra forma de FDMA en donde cada canal de teléfono individual, modula una portadora diferente lo que se traduce como una señal RF independiente. Cada portadora puede ser modulada en frecuencia o digitalmente(BPSK/QPSK). Esto provoca que el ancho de banda del transponder sea dividido en subdivisiones correspondientes a un canal de voz. Vea la fig.V.3. Normalmente se usa en rutas de baja intensidad de tráfico(Menos de 5 Erlangs).

Hay esencialmente 2 tipos de sistemas SCPC: los preasignados y asignados por demanda(DAMA).

Los canales de espaciamiento en el transponder varían dependiendo del sistema. El sistema Intelsat asigna 45 KHz de ancho de banda por canal. Otros usan 22.5, 30 y 36 KHz.

Normalmente se utiliza en casos de tráfico reducido.



V.3 FDMA-SCPC con asignación por demanda

5.1.2.1 De asignación por demanda SCPC-DAMA (SPADE)

Comsat desarrollo el primer sistema de asignación por demanda para intelsat IV y es un sistema que utiliza SCPC con modulación PCM por canal de voz, al que normalmente se le conoce como SPADE.

En SPADE una banda específica del espectro de radio frecuencia es dividida en base a asignar un solo canal de voz en PCM por portadora.

Una descripción sencilla de cómo trabaja este sistema parte de que cada canal de voz analógico se fija en un ancho de banda de 4 KHz. Este se muestrea a una velocidad de 8 KHz para pasar a un PCM de 8 bits, produciendo un tren de pulsos de 64 Kb/s por canal de voz que al entrar a un modulador del tipo QPSK, genera un ancho de banda a la salida de 32 KHz.

Debido a que como mínimo se requiere un ancho de banda de 32 KHz. A cada canal se le asigna un ancho de banda de 45 KHz lo que nos da una banda de guarda de 13 KHz por canal de voz.

Puesto que el transponder tiene un ancho de banda de 36 Mhz podemos subdividir este en 800 canales de voz. Los primeros 400 se conocen como canales de banda baja y el resto como canales de banda alta. Los canales 1,2 y 400 de cada banda quedan vacíos.

Cada uno de los canales codificados en PCM deberá modular una portadora F_i correspondiente a uno de los 800 canales de voz. En la figura V.4 se muestra la asignación de frecuencias F_i por canal de voz., En donde se puede observar que las frecuencias F_i de portadora inician en 52.0225 MHz incrementándose en múltiplos de 45 KHz hasta 87.9775 MHz.

Para una operación full-duplex, se utiliza un canal de los primeros 400 para transmisión y otro de los 400 restantes para dirección opuesta.

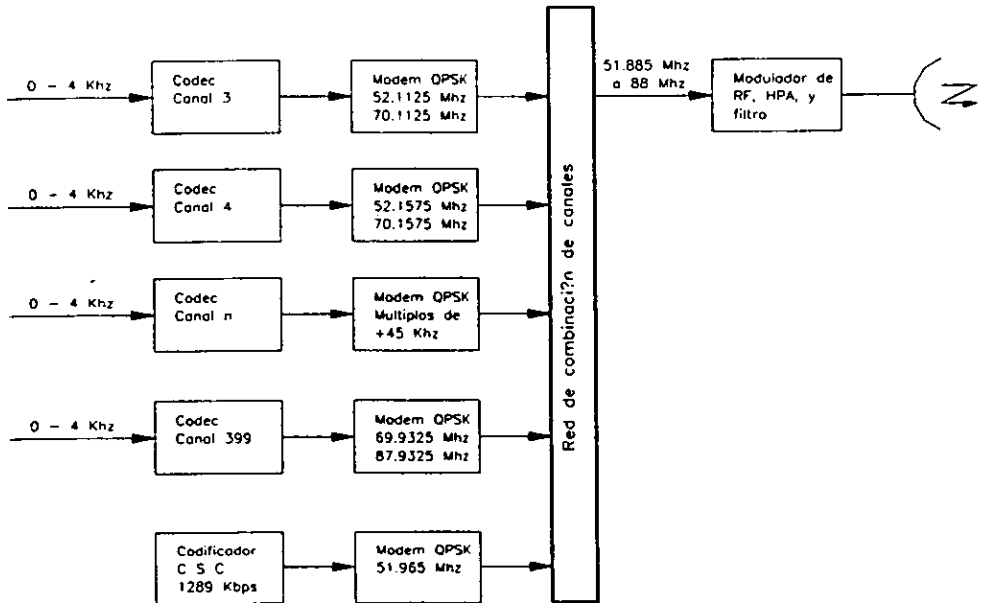


Figura V.4 transmisor de estación terrena SPADE

Cada canal de RF o transponder de 36 MHz contiene un canal de señalización común (CSC) con un ancho de banda de 160 KHz y es transmitido en modo TDMA por las estaciones terrenas durante una ranura de tiempo asignada de antemano para solicitud de canal. Vea la Fig. V.5a. En caso de que alguna estación requiera realizar algún enlace. Primero selecciona un canal dentro de un número determinado de los 800 canales y después envía un mensaje en código binario durante su ranura de tiempo de 1 ms. utilizando el CSC de 128 bits para solicitar a la estación requerida permiso para entablar comunicación. Si la estación está dispuesta entonces envía una señal de reconocimiento por el canal solicitado.

También se usa para desconectar y conectar el enlace de banda de voz en asignación por demanda. La estación solicitada entonces utiliza el CSC para confirmar o negar el enlace. Todos los circuitos pueden ser seleccionados por cualquier estación demandante siempre y cuando no se encuentren ocupados por alguna otra estación.

Finalmente, la utilización de potencia en el satélite es eficiente ya que por el lado del transmisor se tiene un sistema de activación de voz por canal, que permite desconectar el amplificador en el momento en que no se requiera.

En la fig. V.5b podemos observar la estructura del CSC para un total de hasta 50 estaciones terrenas para cubrir un espectro de 64 KHz, por lo que tendremos una banda de guarda de 48 KHz por lado.

Existen tres métodos disponibles para manejar DAMA en un sistema satelital:

- Elección
- Control central de acceso aleatorio
- Control distribuido de acceso aleatorio

En el método de elección, una estación maestra selecciona secuencialmente todas las otras estaciones del sistema. Cuando alguna respuesta positiva es recibida, un canal es asignado de mutuo acuerdo. Al incrementarse el número de estaciones el intervalo de elección se incrementa y por lo tanto el sistema tiende a ser de difícil manejo. Esto debido a que el tiempo de espera se incrementa al tratar de realizar una conexión.

En el método de control central de acceso aleatorio, la posición de los canales es coordinada por la computadora central ubicada en alguna estación terrena "maestra". Cualquier llamada solicitada o intento de llamada es enviado a la computadora central vía conexión digital y un canal es asignado si está disponible. En este sistema se diseñan varios métodos para manejar llamadas bloqueadas. Cuando algún canal es desocupado, este es regresado al equipo de acceso de demanda.

El método de control distribuido de acceso aleatorio, utiliza un procesador central por estación terrena del sistema. Todas las estaciones terrenas en la red monitorean el estado de los canales haciendo una actualización continua desde el canal de servicio de radio digital. En el caso de que se ocupe o desocupe algún canal, entonces se actualiza la memoria por estación. Este tipo de sistema es muy costoso sin embargo es útil en sistemas internacionales.

5.1.2.2 SISTEMA PREASIGNADO SCPC-QPSK-FDMA

En 1974 Intelsat determinó las especificaciones de rendimiento para un sistema de datos a mediana velocidad utilizando SCPC. Este utiliza un esquema de asignación de frecuencias que es completamente compatible con SPADE-DAMA.

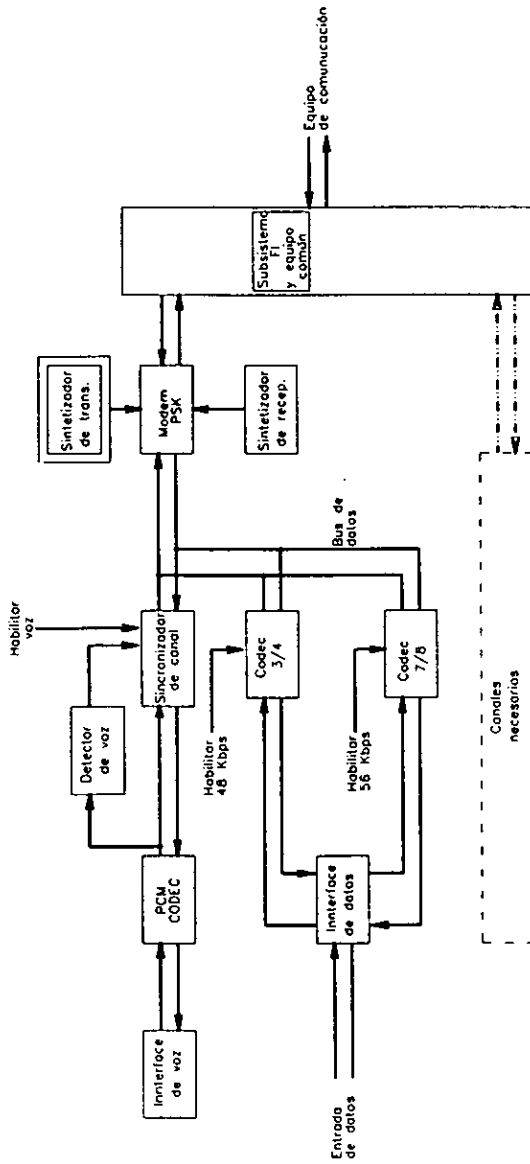
Este sistema SCPC de Intelsat opera en algunos países y es el resultado de SPADE con las mismas características a excepción de la capacidad de asignación por demanda.

En el sistema SCPC portadoras independientes son asignadas a canales de voz codificados en PCM a 64 kbps y a canales de datos codificados con corrección de error adelantado de 48 o 56 Kbps en base a preasignación.

Las funciones lógicas y de control son considerablemente más sencillas que para una terminal de SPADE. En este sistema el procesamiento de señal es QPSK/FDMA con modulación del tipo PCM para voz. Las 3 configuraciones del SCPC estándar en estaciones terrenas son:

- 1) Digitalización de voz usando canales de voz convencional como en SPADE (PCM, 64 Kbps).
- 2) Datos a 48 o 50 Kbps usando codificación convolucional de relación a $\frac{3}{4}$ con correspondencia a relación de datos codificados de 64 y 66 Kbps.
- 3) Datos a 56 Kbps usando codificación convolucional de relación a $\frac{7}{8}$.

El diagrama a bloques de un sistema SCPC es mostrado en la figura V.6. El equipo de comunicación de tierra tiene convertidores de subida y bajada así como filtros y amplificadores. Un SCPC preasignado puede operar en el transponder del satélite SPADE.



V.6 SPCPC en modo pre-asignado

5.2 ACCESO MULTIPLE POR DIVSIÓN DE TIEMPO (TDMA)

El TDMA difiere del FDMA y SCPC en que es totalmente digital y en que se transmite información de manera discontinua. En este tipo de acceso, cada estación terrena transmite paquetes de información durante una ranura de tiempo pre-asignada de antemano y sincronizada con la transmisión de otras estaciones terrenas por un procesador digital, instalado en cada una de las estaciones. Cada estación utiliza el total del ancho de banda del transponder durante su segmento de tiempo asignado por lo que todas las estaciones transmiten en la misma portadora y en intervalos de tiempo diferente para evitar traslape entre todas las transmisiones. El numero de accesos puede variar de 3 – 100 y esta en función del tráfico en cada estación. Los periodos de trama puede variar de 100 useg. – 2 ms(Intelsat).

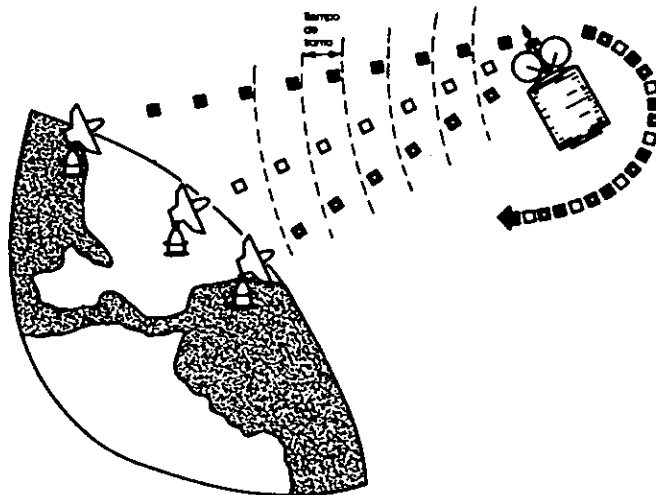


Figura V.7 Sistema de TDMA

Como se menciona anteriormente es necesario que un procesador sincronice la entrada de cada estación terrena. A este controlador se le ubica en una estación terrena y se le conoce como terminal de tráfico (RTE) la cual puede ser colocada en cualquier punto del hemisferio o zona del haz.

La trama básica de TDMA esta compuesta de acuerdo a la fig. V.8. Por una o varias ráfagas de referencia(etapa sincronizadora), por un tiempo de guarda ubicado entre cada ráfaga de información y por ráfagas de preámbulo que preceden a la transmisión de datos de cada estación.

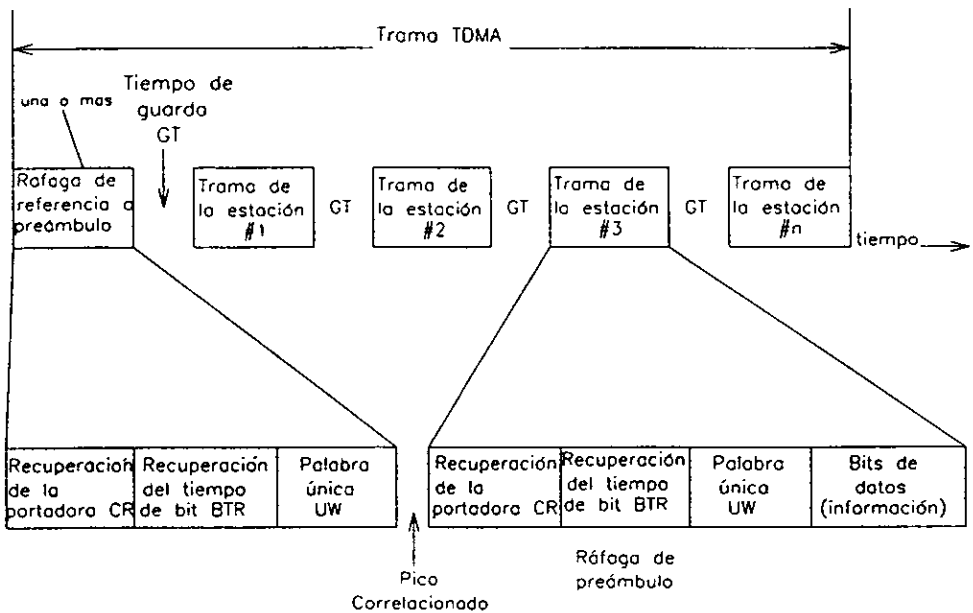


Figura V.8 Composición de una trama básica TDMA

La posición y la duración de cada estación transmisora en la trama esta definida por un protocolo establecido previamente. Este puede ser por preasignación, en donde la posición y duración asignada es ocasionalmente modificada solamente por re-arreglos en la red. Por asignación por demanda, en donde la posición y duración de la transmisión puede ser ajustada muy continuamente por la cantidad de demanda.

Como se pudo observar en FDMA el tubo de onda progresiva TWT trabaja con varias portadoras a la vez por lo que es necesario reducir su potencia para reducir el ruido o interferencia provocado por el incremento en los productos de intermodulación que se incrementan al existir mayor cantidad de demandantes. En este caso el reducir al máximo 3 db la potencia reduce la eficiencia de TWT.

TDMA permite que los TWT operen a su máxima potencia sin afectar en la señal, debido a que cada estación transmite plenamente durante un tiempo específico.

El acceso múltiple por división de tiempo TDMA es el método predominante usado en la actualidad para acceso múltiple y proporciona el método más eficiente para transmitir portadoras moduladas en PSK.

5.2.1 ARQUITECTURA BÁSICA DEL TDMA

5.2.1.1 RÁFAGA DE REFERENCIA

La ráfaga de referencia es transmitida por una estación de referencia y constituye la base para sincronizar todas las estaciones en una red de trabajo. Esta contiene la información necesaria para que las estaciones determinen la ubicación precisa de su ráfaga de información en la trama.

Esta ráfaga de referencia puede llegar a preceder a la transmisión de información de la misma estación de referencia la cual precede a la transmisión de datos de todas las estaciones terrenas. En este caso también se le conoce como ráfaga de preámbulo.

En la figura V.9a se puede observar la estructura básica de una ráfaga de referencia.

La primer sección conocida como recuperación de la portadora CRS, contiene una portadora no modulada de frecuencia y fase coherente, para la demodulación de una señal en PSK.

La segunda sección es una secuencia binaria necesaria para la recuperación del tiempo de bit (BTR) o recuperación de la señal de reloj. Es una portadora que cambia de 0 a π radianes para señal de reloj.

Conjuntamente la CRS y BTR pueden tener una longitud de 30- 300 símbolos QPSK y depende de las consideraciones de diseño. Principalmente de la relación de portadora-ruido y sirven para sincronizar la estación de recepción con la portadora original y señal de reloj. Esta secuencia es necesaria para la demodulación en un sistema PSK coherente, demodulación de QPSK.

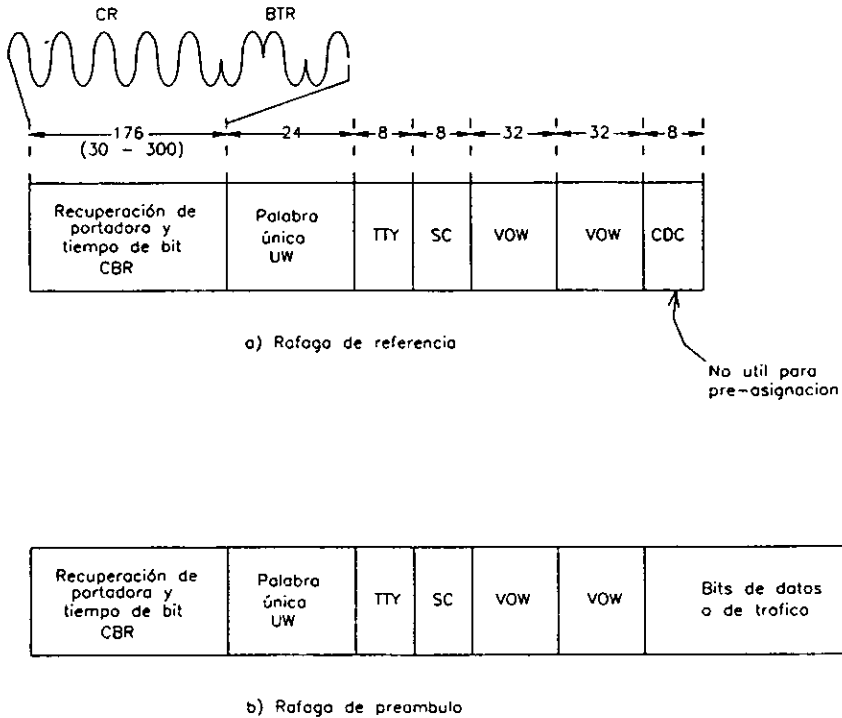


Figura V.9 Formato de ráfagas

La siguiente secuencia de bits después de CRS y BTR en la ráfaga de referencia es la de palabra única UW. La UW define la referencia de tiempo preciso que cada estación utiliza para sincronizar la transmisión de su ráfaga. En la fig. V.10 podemos observar como la UW es una secuencia de unos binarios terminados en cero que pasan a través de un integrador. La salida de éste llega a un detector de umbral el cual produce un pico de

correlación en el momento de terminar la secuencia UW. Todas las estaciones sincronizan la transmisión de su portadora con la llegada del pico de correlación de la UW, esperando un tiempo diferente antes de empezar a transmitir. Así como el momento en que podrá decodificar la información. Las UW's varían en longitud y pueden ser tan cortos como 10 QPSK hasta un total de 24 símbolos QPSK.

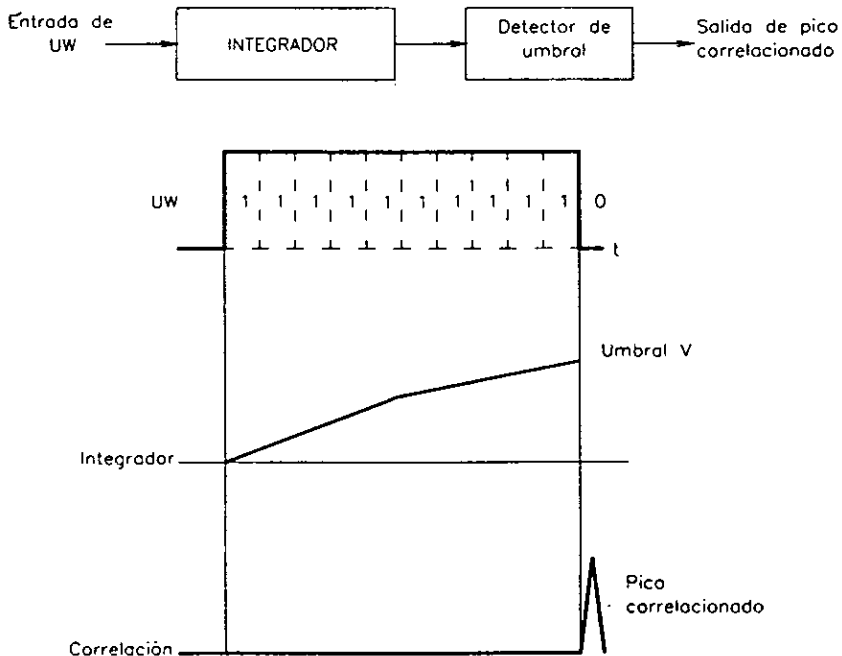


Figura V.10 Correlacionador para detección de referencia de trama

El canal para control y retardo (CDC) de la ráfaga de referencia, sirve para comunicar información para controlar la posición de las ráfagas y de estaciones en la red de trabajo. En sistemas de asignación por demanda en los cuales la posición de la ráfaga de información y la duración de cada estación pueden estar cambiando continuamente, la información de control de tráfico puede ser enviada sobre el control de canal CDC. Para sistemas en donde se trabaja con preasignación de haz global o redes de trabajo de haz

regional con posiciones de ráfaga definidas en la trama, no se necesita de un canal de control CDC.

Canal de servicio SC: En algunos sistemas la ráfaga de preámbulo de alguna estación diferente a la de referencia puede servir como ráfaga de referencia. En este caso un canal de servicio SC, puede llevar información importante para transferir la responsabilidad de la estación de referencia entre las estaciones participantes.

5.2.1.2 RÁFAGA DE PREÁMBULO

La ráfaga de preámbulo es enviada por cada estación de tráfico y esta sincronizada relativamente con la ráfaga de referencia para ocupar una posición asignada en la trama TDMA. La estructura de una ráfaga de preámbulo típica se muestra en la fig. V.9b. La primer parte de la misma consiste de una secuencia CRS y BTR iguales a la ráfaga de referencia.

La UW es común a la ráfaga de referencia y a la ráfaga de preámbulo ya que se utiliza el mismo detector para interpretar las dos UW. Realmente las UW's pasan a un circuito de correlación para ser comparado con un patrón interno. Si todos los bits corresponden al patrón interno, entonces el error es: $E=0$. La indicación ocurre al momento de recibir el último bit de la UW y constituye la indicación precisa de la llegada de la ráfaga. Por esta razón la salida del correlacionador es siempre usada para indicación del tiempo de llegada de una ráfaga. Esta también constituye el tiempo de referencia para activar los demultiplexores de canales llevados en la sección de tráfico de datos.

Diferentes UW's son usados para distinguir entre 2 ráfagas de referencia y entre ráfaga de referencia y ráfaga de preámbulo. Es posible determinar cual UW se esta recibiendo, dependiendo de la comparación realizada en el circuito de correlación.

La ráfaga de preámbulo puede contener un canal de servicio SC el cual es utilizado para soportar sistemas de operación con protocolos y para la utilidad de teletipo TTY y comunicación de voz VOW entre estaciones.

Finalmente después de la ráfaga de preámbulo se transmite la información procesada de acuerdo a una trama primaria de la cual hablaremos a continuación y que depende de un protocolo predefinido por los usuarios.

5.2.1.3 TRAMA PRIMARIA

Trama primaria multicanalizada de CEPT

Después de transmitida la ráfaga de referencia o preámbulo, cada estación terrena deberá transmitir una ráfaga de una portadora modulada digitalmente dentro de la cual se contiene un gran número de canales de voz o información digital. Esto se logra utilizando técnicas de digitalización como PCM (Modulación por códigos de pulso) y TDM (Multiplexaje por división de tiempo). La combinación de las anteriores permite transmitir gran cantidad de canales por un solo canal de información en forma serial. A esta se le conoce como trama y su estructura depende de las normas establecidas por cada institución.

Las figuras V.11 y V.12 muestran un diagrama a bloques y la trama de multicanalización primaria de CEPT (Conferencia de Administraciones Postales y de Telecomunicaciones Europeas). Este es un formato de trama TDMA utilizado comúnmente para sistemas digitales por satélite.

En CEPT cada canal de voz tiene un codec que muestrea la señal a una velocidad de 16 KHz y convierte esas muestras a códigos binarios de 8 bits que nos da una velocidad de transmisión PCM de 128 Kbps equivalente a $62.5 \mu\text{s}$ por cada 8 bits. Los 16 canales de 8 bits son entonces muestreados digitalmente por un TDM y enviados a una velocidad de 2.048 Mbps, que es la velocidad necesaria para poder formar una trama de 16 canales de voz cada uno de 8 bits y un total de 128 bits en un tiempo de $62.5 \mu\text{s}$.

Cada canal de voz multiplexado pasa entonces a un registro de almacenamiento de entrada con un reloj de 500 MHz (2 mseg.) que permite la entrada hasta de 4096 bits. Los 4096 bits forman parte de la multitrama CEPT de 32 muestras codificadas PCM de 8 bits de 16 canales de voz ($32 \times 16 \times 8 = 4096$).

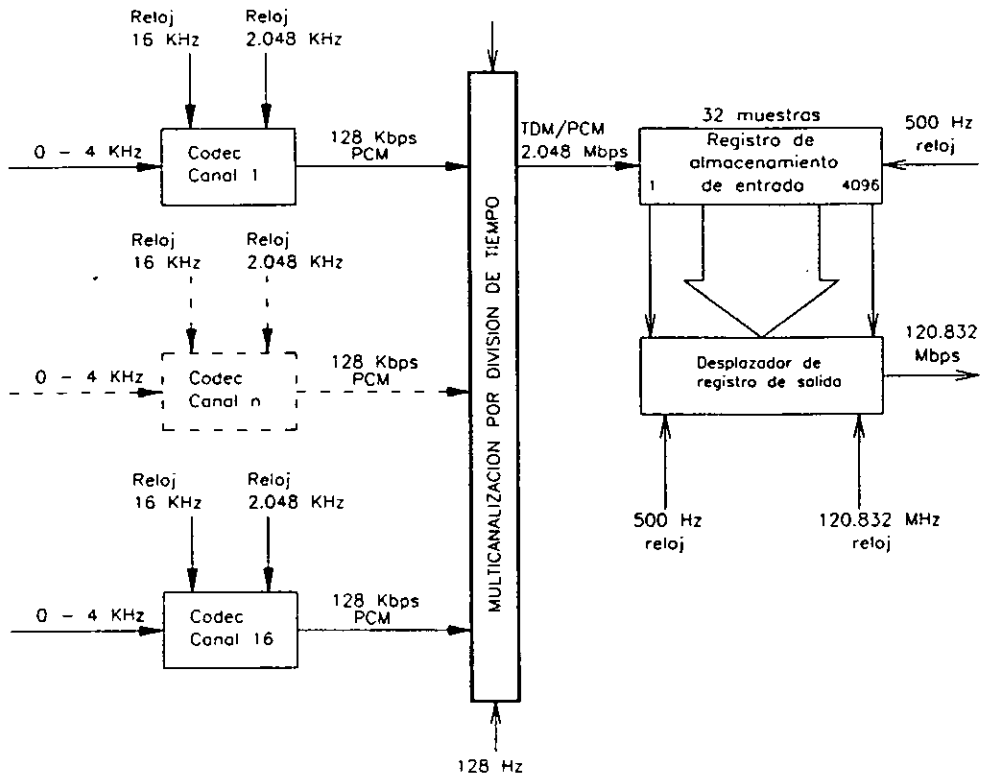


Figura V.11 Transmisor de trama primaria multicanalizada de CEPT

Una vez acumulados los 4096 bits o 32 tramas en el registro de almacenamiento, pasan a un desplazador de registro de salida para su transmisión. Este deberá enviar la multitrama a una velocidad muy inferior a los 2ms. para evitar la pérdida de información por canal de voz. En la trama CEPT se utiliza una velocidad de transmisión de 120.832 Mbps que equivale al múltiplo 59 de 2.048 Mbps. En consecuencia, la transmisión real de 4096 bits acumulados se lleva a cabo en $33.9 \mu s$.

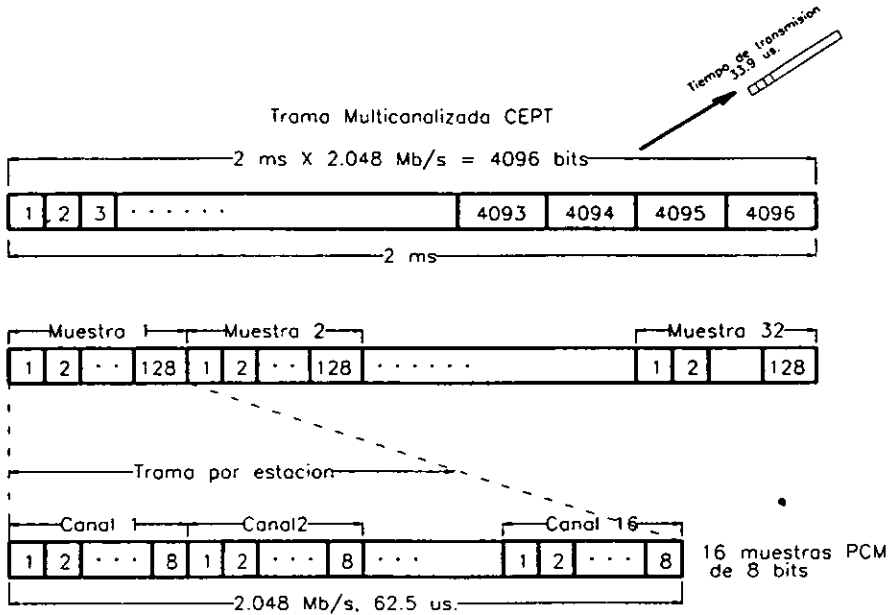


Figura V.12 Trama primaria multicanalizada CEPT

Trama primaria multicanalizada de T-portadora

Este tipo de norma es la utilizado normalmente por los EUA y por Japón, siendo muy similar al tipo de multitrama utilizada por CEPT.

En la figura V.13 se puede observar una multitrama T-portadora que consiste de un TDM de 24 canales de 8 bits, mas un bit de alineamiento que nos da una trama de 125 μs. Tenemos entonces una relación de salida de 1.544 Mbps hacia el registro de almacenamiento que para 2 ms. podrá acumular un total de 3088 bits conteniendo 16 tramas. Como se puede observar el tiempo de cada multitrama es de 2 ms. por lo que es posible mezclarlas en alguna red de comunicación satelital que combine a ambos sistemas TDMA.

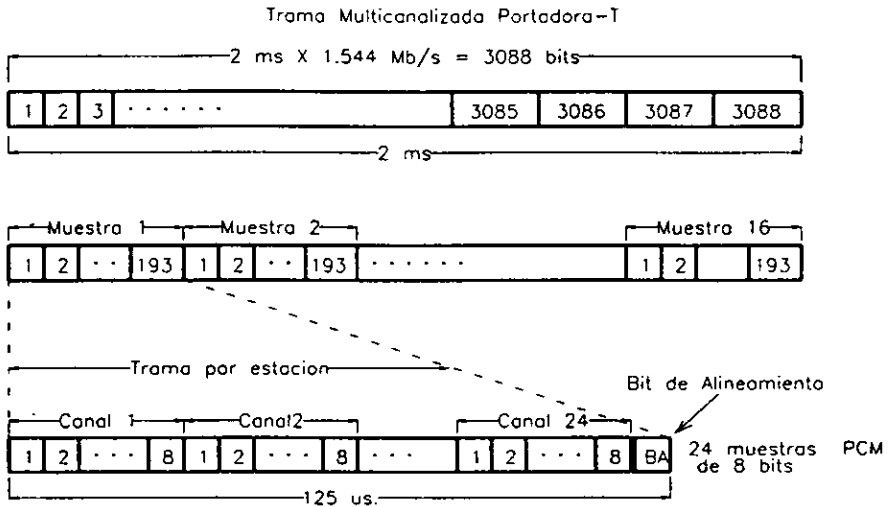


Figura V.13 Trama primaria multicanalizada para T-1

5.2.1.4 TIEMPO DE GUARDA

Debido al tiempo de propagación incierto, la posición de una ráfaga no puede ser mantenida de forma precisa. Por esta razón el tiempo de guarda expresado en numero de símbolos GT es asociado con cada ráfaga de estación. El tiempo de guarda es el ancho de tiempo en el cual el pico de correlación de UW deberá encontrar con alta probabilidad de incidencia. Son muchos los factores que determinan el ancho de tiempo de GT pero puede ser tan pequeño como 10 símbolos para control de satélites a lazo cerrado y hasta 60 símbolos para sistemas de haz múltiple en los cuales el control de posición es establecido desde una estación remota por métodos de retro-alimentación.

Si el tiempo de guarda es más largo podemos tener la seguridad de que no existirán traslapes sin embargo la eficiencia del sistema se reduciría. Realmente se puede considerar que un sistema es más eficiente si este tiempo es menor, puesto que es

factible incorporar mas canales de información. Los tiempos de guarda de protección típicos para un sistema, son del orden de 100-200 nanosegundos.

5.2.2 ARQUITECTURAS DE CONTROL TDMA

Con la evolución de los satélites se han tenido que implementar diferentes métodos de adquisición y sincronización. Métodos como el de control de lazo-cerrado para satélites de cobertura de haz global o regional , método de control de lazo-abierto para satélites de haz múltiple ó el de realimentación cooperativa. Se ha llegado a la introducción de satélites conmutados en los que estos métodos han sufrido cambios necesarios para la perfecta sincronización del sistema.

La adquisición se refiere al proceso de entrada de una ráfaga TDMA en una localidad asignada de la trama. Sincronización se refiere a la precisión para mantener la ráfaga en la localidad.

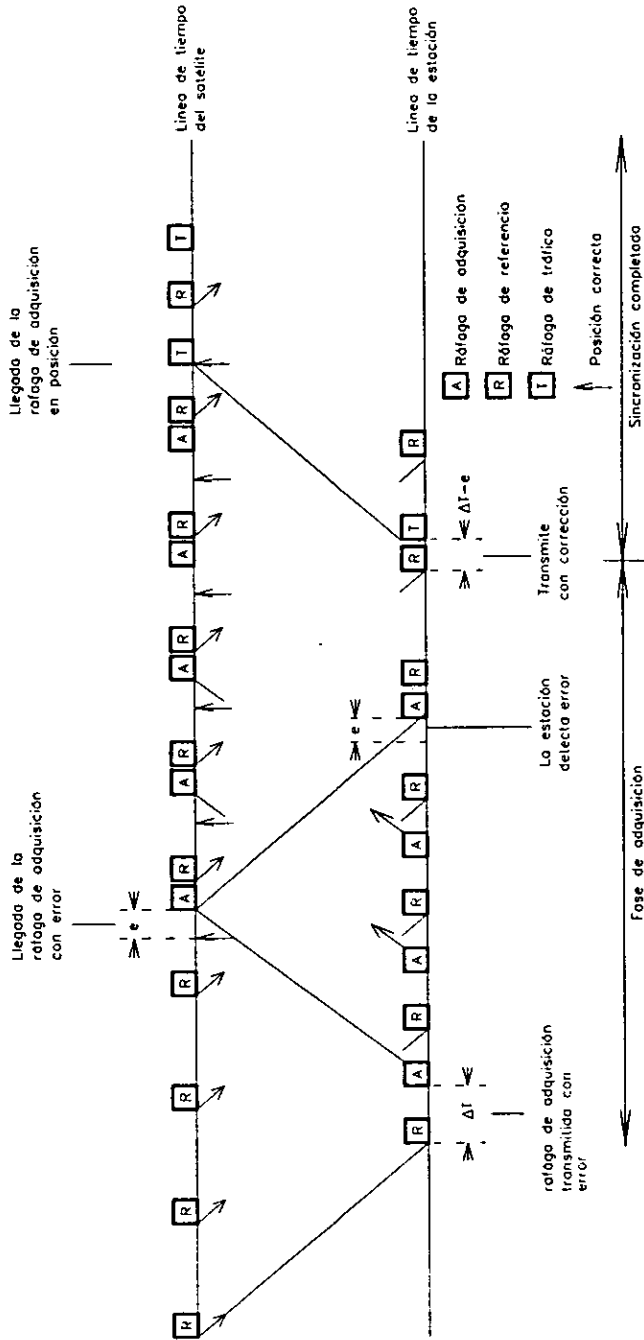
5.2.2.1 Control de lazo-cerrado adquisición y sincronización

Es utilizado comúnmente en sistemas de haz global o regional y se tiene la característica de que cada estación terrena puede ver la ráfaga de referencia así como su propia ráfaga de preámbulo retransmitida por el satélite. En la figura V.14 se puede observar el método de adquisición y sincronización utilizado. En la fase de adquisición la estación terrena recibe la primer ráfaga de referencia y esta envía únicamente la ráfaga de preámbulo (ráfaga de adquisición) con un retardo Δt el cual esta relacionado con el tiempo de propagación y la posición asignada en la trama TDMA. Pueden llegar varias ráfagas de referencia y la estación seguirá enviando la ráfaga de preámbulo hasta el momento en que reciba de regreso la ráfaga de preámbulo enviada por primera vez. En este momento el procesador digital deberá determinar cual es el error "e" que existe en la posición que idealmente debería ocupar y la que realmente ocupó, para transmitir la ráfaga de preámbulo junto con la información (canales de voz o datos) con la corrección de tiempo " $\Delta t - e$ ", después de recibir una nueva ráfaga de referencia. El tiempo de procesamiento de error puede

permitir que se deje de transmitir durante la llegada de varias tramas. En este momento se concluye con el proceso de adquisición y se considera que entra en la fase de sincronización donde simplemente mantiene su posición observando el error y corrigiendo los ciclos.

Antes de que el proceso de adquisición a lazo-cerrado sea realizado es necesario calcular el tiempo Δt necesario para caer dentro del intervalo de tiempo asignado a la estación terrena. Existen varios métodos:

- 1) Transmisión de una ráfaga de portadora no modulada en baja potencia durante corto tiempo, para no intervenir con la ráfaga de tráfico de las otras estaciones. La potencia de transmisión es de 25 db por debajo de la potencia pico de una transmisión de ráfaga de tráfico normal.
- 2) La transmisión de una ráfaga de portadora modulada de baja potencia con la utilización de un circuito de correlación.
- 3) El utilizado en la adquisición a lazo abierto y consiste en conocer las coordenadas de la estación terrena y satélite para poder determinar el tiempo de propagación.



V.14 Lazo cerrado

5.2.2.2 Control de adquisición a lazo-abierto

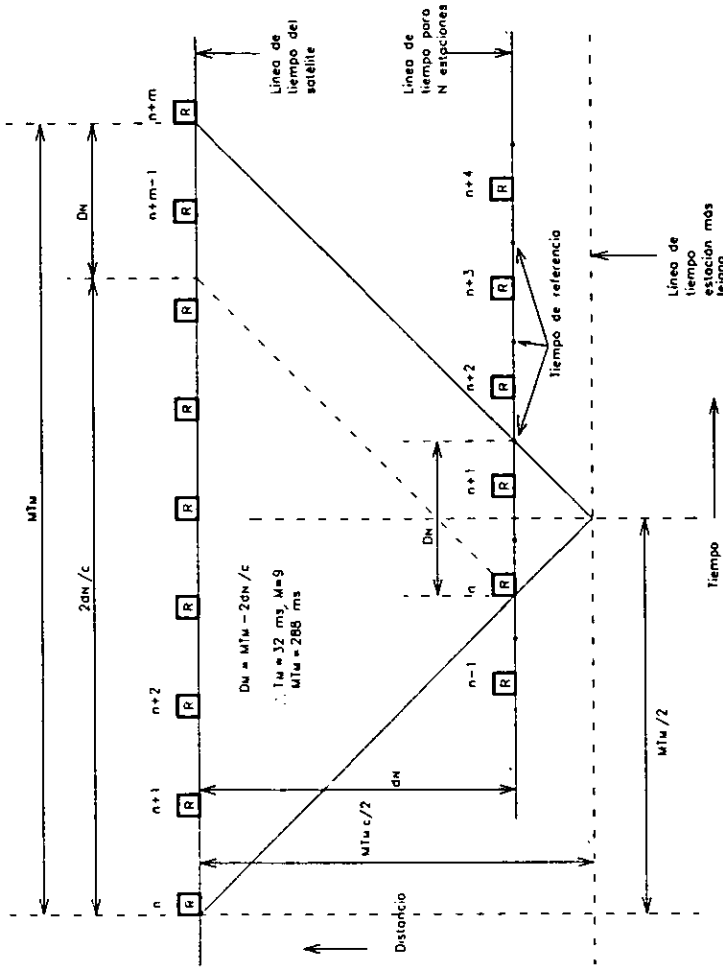
Al igual que en el método anterior se utiliza para controlar la posición de la ráfaga de tráfico o subtrama de la estación con el conocimiento del tiempo de propagación, el cual puede ser visto como la distancia entre el satélite y la estación terrena. Puede usarse en sistemas de haz múltiple debido a que no se requiere que cada estación reciba su propia ráfaga de preámbulo. En este tipo de control es necesario incluir un retardo D_N entre el momento de recepción de la ráfaga de referencia (SORF Start of receive frame) y la transmisión de la ráfaga de tráfico (SOTF Start of transmit frame). Consecuentemente la ráfaga de tráfico deberá ajustar su posición en relación al SOTF y por consecuencia deberá caer en la posición asignada dentro de la trama TDMA.

El periodo de una trama TDMA en Intelsat V es de $T_F=2\text{ms}$. Para propósitos de manejo de tráfico es necesario trabajar con multitramas de $T_M=16 \cdot T_F=32\text{ms}$ esto debido al tiempo de propagación de una señal. En la Fig. V.15 podemos observar el método requerido para determinar D_N , para una estación N en relación al tiempo y el espacio. La línea de tiempo en la parte superior muestra el tiempo de eventos en el satélite. Los pulsos R equivalen a las ráfagas de referencia por multitrama T_M .

La línea punteada inferior designada como límite de rango, representa la máxima distancia entre el satélite y una estación terrena base. Esta estación base se selecciona como el resultado del tiempo de propagación $M \cdot T_M$, donde M es un entero que al ser multiplicado por T_M nos dará un tiempo de propagación o viaje redondo, un poco mayor al tiempo de propagación necesario para la estación más lejana con la que trabaja realmente el satélite. Para un satélite de órbita geoestacionaria el mayor tiempo de propagación es de 283ms en viaje redondo. Por lo tanto el valor de $M=9$ para una trama de 2ms por lo que $M \cdot T_M=288\text{ms}$.

Especificaciones
por Inletsat V

- Tf = Período de trama 2ms
- Tm = Período de multitramo (32 ms)
- TP = Tiempo de propagación máximo (283 ms)
- F = Número de tramas por multitramo (16)
- M = Entero que satisfice:
 $MTM > TP(9)$
- c = Velocidad de la luz = 2.99×10^8 m/s



V.15 Método de lazo abierto

El retardo necesario para que una señal R proveniente del satélite y retransmitida por la estación N caiga exactamente en la misma posición pero en una trama posterior se determina por:

$$DN = M \cdot TM - (2dN/C)$$

De donde dN es la distancia existente entre satélite y estación terrena N y C es la velocidad de la luz.

Ubicación del satélite para control de lazo abierto con control de lazo cerrado directamente en el satélite

En el control a lazo-abierto es muy importante conocer de manera precisa la posición del satélite en relación a todas las estaciones terrenas. En un sistema de haz global o regional en donde la posición de la ráfaga de tráfico con respecto a la ráfaga de referencia puede ser observada por el controlador de la estación de referencia, las correcciones de la posición del satélite pueden ser determinadas por la diferencia de tiempos que existe entre la llegada de la ráfaga de tráfico con respecto a la posición exacta de su llegada en la trama. Esta diferencia multiplicada por la velocidad de la luz determina la diferencia que existe entre la posición inicial del satélite con la actual.

La posición exacta del satélite puede ser determinada con mayor precisión tomando como referencia 3 estaciones terrenas ubicadas en la periferia del haz de cobertura global o regional. La estación que tiene la responsabilidad del control asignando los valores precisos de DN y la observación de la posición de las ráfagas de tráfico deberá tener la habilidad de observar la posición de la ráfaga de tráfico con respecto a la posición ráfaga de tráfico común. Esto obviamente se cumple en sistemas de haz global o regional. La determinación de la posición del satélite acompañada de un método de lazo cerrado puede ser de gran precisión para la adquisición y sincronización del tráfico en sistemas TDMA basados en DN . Es posible lograr una precisión de ± 10 símbolos (120 Mb/s).

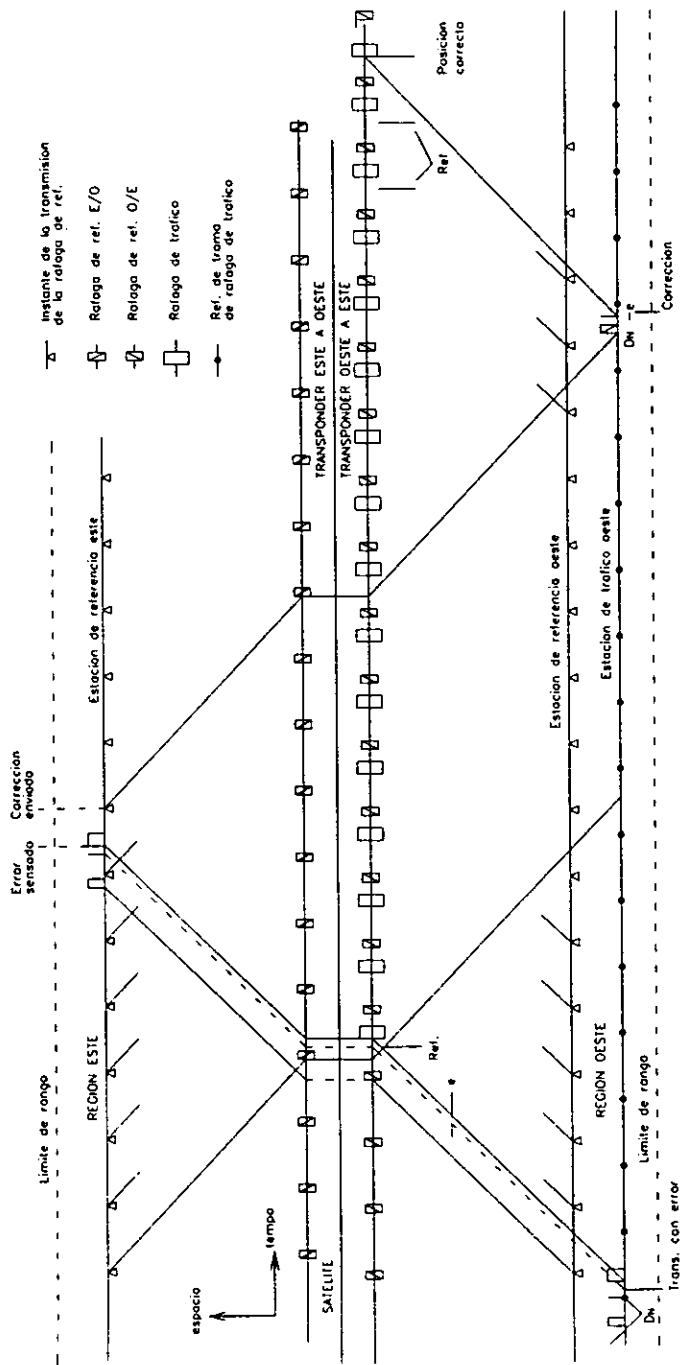
Ubicación del satélite para control de lazo abierto en sistemas de haz múltiple

En los sistemas de comunicación satelital de haz múltiple. Las estaciones terrestres no pueden observar su propia transmisión ni la de la estación de referencia ubicada en su propio haz. La determinación del valor DN inicial es muy importante para la perfecta sincronización del sistema por lo que en estos sistemas una alternativa es utilizar un método conocido como doble-salto. En este método se ubican dos estaciones de referencia en cada haz. La determinación de la ubicación se realiza midiendo el tiempo de retardo entre la transmisión de la ráfaga de una estación (oeste) y el instante de recepción de una respuesta de la estación del lado (Este). Utilizando un par de estaciones por cada haz, es posible obtener 4 independientes mediciones.

Con 3 de esas 4 mediciones es posible calcular la posición exacta del satélite usando la intersección de 3 elipsoides de rotación. Este sistema es usado en Intelsat V. Este método es lo suficientemente preciso para ubicar la posición original de la ráfaga de preámbulo de cualquier estación de tráfico en la adquisición inicial con un intervalo de 4000 símbolos.

5.2.2.3 CONTROL DE RETROALIMENTACIÓN COOPERATIVA

Para lograr la sincronización de la ráfaga de tráfico, la precisión necesaria para controlar la posición deberá de ser mucho mayor que la requerida para el modo de adquisición. El método ahora discutido provee la precisión necesaria para sincronizar sistemas en donde la ráfaga propia de cada estación no puede ser vista. Este sistema usa el valor DN visto con anterioridad pero lo corrige usando retroalimentación cooperativa.



V.16 Retroiluminación cooperativa

Como se observa en la figura V.16 se utiliza en sistemas multi-haz, en donde se deberá tener una estación de referencia por haz. A continuación se describe el funcionamiento en un sistema de doble haz. La región Oeste contiene una estación de referencia y una de tráfico y en la región Este solamente tenemos una estación de referencia. En la fig. V.16 podemos observar una gráfica de tiempo/espacio en donde se muestran las líneas de referencia para las estaciones de la región Oeste y Este. Dos líneas de tiempo de transponders cada una en su lado correspondiente.

La estación de tráfico ubicada en el lado Oeste deberá obtener el valor de DN visto anteriormente proveniente de la estación de referencia lado Este utilizada para ubicar el SOTF. Una vez conocido el tiempo de retardo, la estación de tráfico envía su ráfaga de tráfico a su transponder para después ser enviado por el satélite a la estación de referencia del lado Este. En la figura el valor DN contiene un error (e), que provoca error en la ubicación exacta de la ráfaga en la posición de la trama. Este error es determinado por la estación de referencia del lado Este (punto B), tomando como relación de tiempos la ráfaga de referencia proveniente de la estación de referencia Oeste y lo resta al retardo inicial ($DN - e$) para enviarlo a la estación de tráfico del lado Oeste en la siguiente transmisión (punto C). En adelante cualquier error será indicado a las estaciones de tráfico del lado opuesto por medio de la ráfaga de referencia.

5.2.3 SALTO DE TRANSPONDER

Se refiere a la capacidad de una estación terrena para enviar su ráfaga de tráfico a más de un transponder y recibir ráfagas de tráfico de más de un transponder o la combinación de ambas. Por el lado de la transmisión es posible enviar dos o más ráfagas por trama en diferentes portadoras o polarizaciones. Este tipo de operación es muy útil cuando del otro lado del satélite se tienen dos o más haz de bajada. Del lado de la recepción el convertidor de bajada deberá tener la capacidad para conmutar entre varias frecuencias de bajada así como la habilidad de variar la polarización para seleccionar diferentes transponders. El salto de transponder se utiliza en sistemas en donde todas las ráfagas de referencia de los diferentes transponders están perfectamente sincronizadas.

5.2.4 SISTEMA INTELSAT TDMA/DSI

Debido a la necesidad de aprovechar al máximo los medios de comunicación por la creciente demanda de usuarios. Ha sido necesario implementar métodos de aprovechamiento como los aplicados en el sistema Intelsat V y VI. Para lo cual se requiere de circuitos de interfaces terrestres.

Interfaces de Interpolación de conversación digital DSI y digital No interpolada DNI

Una interface para sistemas TDMA el cual trabaja con multiplexación primaria y asigna canales de satélite en modo de preasignación, se conoce como Interface digital no interpolada DNI. Esta asigna un canal terrestre CT a un canal del satélite ST de forma permanente durante la duración de una conversación. Por lo que el DNI no puede llevar más tráfico que el número de canales de satélite con los que se cuenta.

Una Interface Interpolada de voz digital asigna un canal terrestre a un canal del satélite solamente cuando detecta voz en el CT. La interface DSI detecta la voz y le asigna un SC al azar por lo que un solo CT puede ocupar varios ST durante una conversación. Es obvio que para lograr la demulticanalización es necesario incluir un canal de señalización común en donde se indica la posición que ocupa el canal.

La ventaja que se tiene con este tipo de operación que se obtiene una compresión de canales con una relación de $CT/SC=2$ ya que normalmente para una conversación en dos direcciones simultanea existe voz durante un 40% y el circuito esta desocupado durante un 20% del tiempo.

Con la intención de mejorar aún más la capacidad del canal se aplica un método conocido como robo de bit. Este se aplica cuando por alguna razón no es posible asignar un SC a un CT. Se toma el bit menos significativo de 7 canales de voz y se forma un canal de 7 bits por lo que tenemos 8 canales de voz con menor calidad durante el tiempo que sea necesario.

La ganancia del DSI se puede ver afectada por un fenómeno conocido como recorte competitivo. Este ocurre cuando los SC están ocupados y no es posible ubicar un

CT. Durante el tiempo de espera la información de voz se pierde. Se considera un tiempo máximo de 50 ms. como tiempo no susceptible después de este tiempo es perceptible por el usuario.

5.2.4.1 ESTRUCTURA BÁSICA DEL SISTEMA INTELSAT TDMA/DSI

El sistema consta de 4 estaciones de referencia por satélite y está diseñado para trabajar en cuatro áreas de cobertura: Haz de hemisferio este, haz de hemisferio oeste, haz de zona este y haz de zona oeste. La posición se puede observar en la figura V.18c, el haz de hemisferio y de zona trabajan con polarización inversa. Como se vio anteriormente trabaja con control de lazo-abierto por lo que es importante conocer la posición exacta del satélite. Cada estación de referencia genera una ráfaga de referencia por transponder y cada transponder trabaja con 2 estaciones de referencia. Las dos partes de la estación de referencia proveen sincronización de tiempo y control para el tráfico de terminales y otras estaciones de referencia.

Las terminales de tráfico incluyen interfaces para conectar terminales a los sistemas terrestres. Se utilizan los dos tipos de interfaces antes mencionados DNI y DSI.

5.3 ACCESO MULTIPLE POR DIVISIÓN DE CODIGO CDMA

En el Acceso Múltiple por división de código CDMA, no se tiene restricciones en cuanto al tiempo de transmisión ni en cuanto al ancho de banda. Las estaciones terrenas pueden transmitir en el momento que lo deseen y pueden disponer de todo el ancho de banda de un transponder. A este tipo de acceso también se le conoce como Acceso Múltiple de Espectro Disperso. La mayor ventaja de este sistema es que no se requiere sincronización entre la red de estaciones. Debido a que todas las estaciones transmiten utilizando la misma frecuencia central así como el mismo ancho de banda, es necesario recurrir a técnicas de esparcimiento de espectro y encriptado para poder aislar la información transmitida de todas las estaciones.

Los satélites normalmente en la banda asignada para transmitir datos (banda Ku) tienen abundante ancho de banda y son restringidos en potencia por lo que en apariencia son ideales para cursar señales de espectro esparcido.

Un método de expandir el espectro de una señal modulada es modularla por segunda vez utilizando una señal expansora de banda ancha. El objetivo principal de este sistema es el de expandir en forma intencional el espectro para disminuir la densidad espectral.

Cada estación tiene un código de Chip el cual deberá ser conocido por la estación receptora para poder recuperar la información.

En la figura V.17 tenemos un diagrama a bloques de un codificador y decodificador CDMA. En el codificador los datos de entrada se multiplican por un código de chip único (Código pseudo aleatorio, códigos PN ó códigos de pseudo ruido). El resultado de esta operación modula a una portadora de FI-PSK que se pasa a RF para su transmisión.

Por el lado del receptor la señal de RF se pasa a FI de donde se recupera la portadora PSK coherente. Con el conocimiento del código de chip, se recupera el código de chip para sincronizar el generador de códigos de la estación receptora. El código de chip síncrono entonces multiplica la portadora PSK coherente y se genera una señal modulada PSK que contiene la portadora PSK más el código de chip. La FI junto con la FI PSK pasan a un circuito de correlación que compara las señales para recuperar los datos originales.

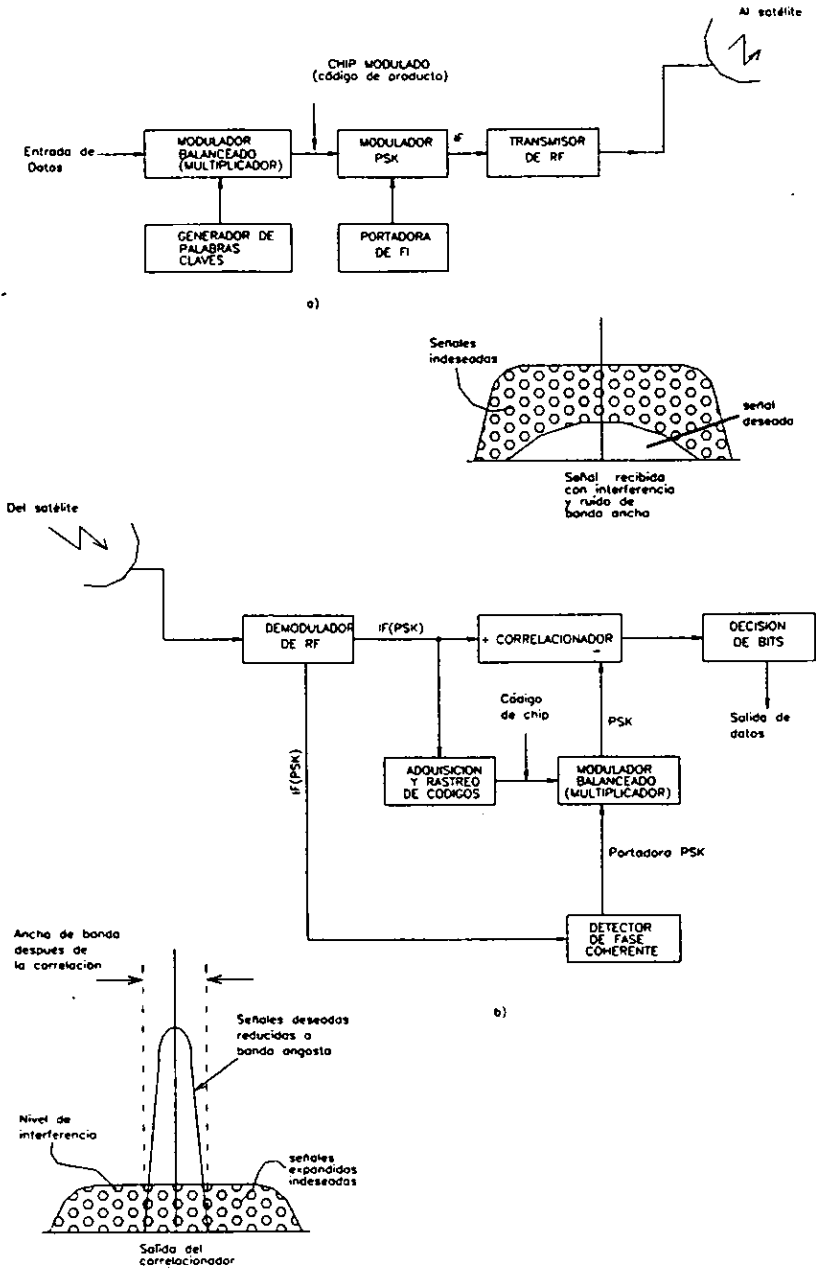


Figura V.17 Acceso múltiple por división de código a) Codificador; b) Decodificador

En este caso la correlación se realiza en las señales analógicas.

La longitud del código de chip determina la reducción de la amplitud así como el esparcimiento de banda. Por lo tanto para poder tener diversas velocidades de transmisión en una red vía satélite deben usarse diversas longitudes de códigos. Por ejemplo: 9.6Kb/s utilizan una longitud de código de 256, mientras que 19.2 Kb/s requieren de 128.

Los usos de esta tecnología antes de aplicarse en las comunicaciones han sido principalmente militares y científicos.

Las ventajas de trabajar con espectro esparcido, es que las señales son prácticamente imposibles de interceptar muy difíciles de detectar y de interferir. Presenta una alta inmunidad al ruido

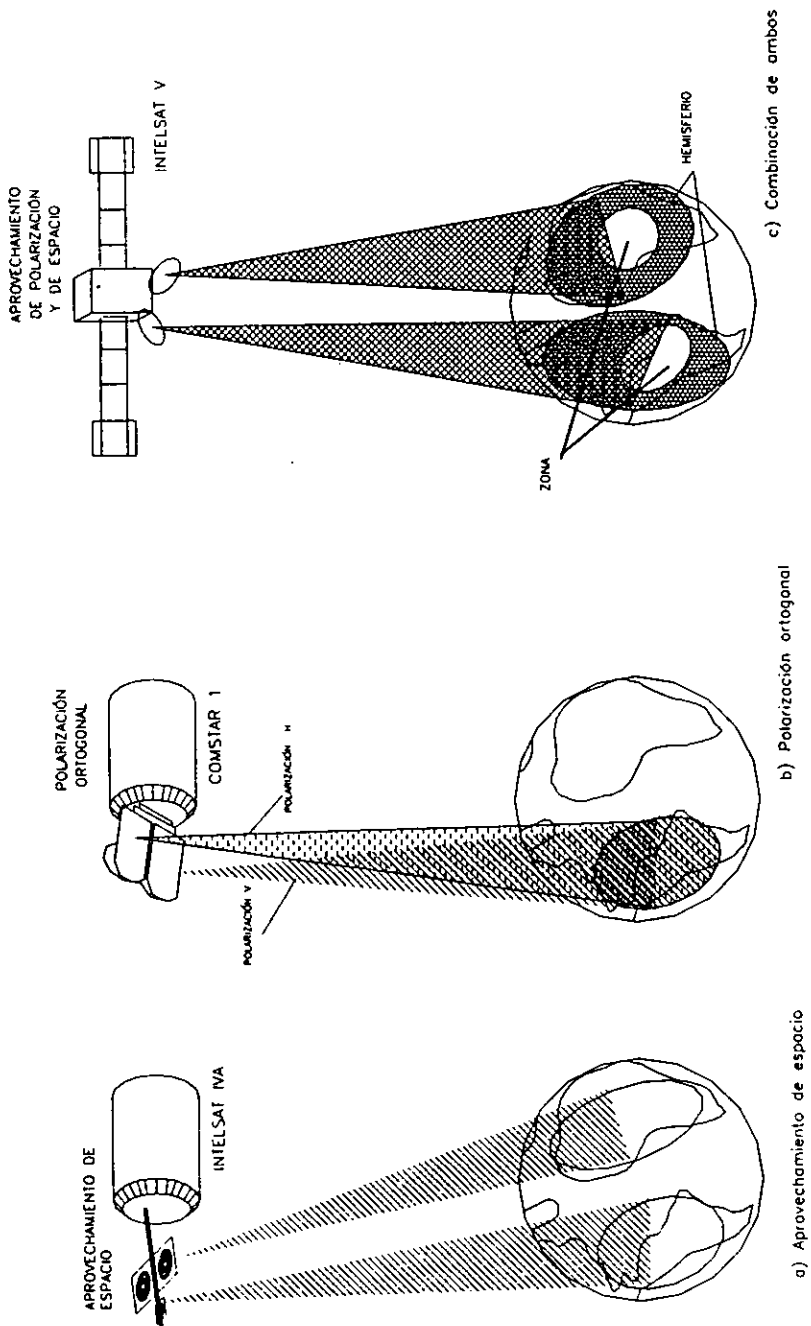
5.3.1 SALTO DE FRECUENCIA

El salto de frecuencia es aplicable para CDMA y consiste en modificar la frecuencia de la portadora siguiendo un patrón predefinido para cada una de las estaciones terrestres. Con salto de frecuencia cada estación se mueve en todo el espectro del transponder pero utilizando siempre un segmento del mismo. FSK es el tipo de modulación mas usado cuando se trabaja con el salto de frecuencia.

5.4 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVSIÓN DE ESPACIO Y POLARIZACIÓN (SDMA, PDMA)

En SDMA se utilizan dos o más antenas direccionadas a diferentes puntos con la intención de aprovechar el mismo ancho de banda .

En el caso de PDMA con la polarización ortogonal a 90 grados es posible utilizar el mismo ancho de frecuencia para distintas señales.



V.18 Acceso multiple por división de espacio y polarización

CONCLUSIONES

La cada vez mayor demanda de los sistemas de comunicación han provocado que los medios de comunicación tengan que mejorar y por lo tanto incrementar su potencial. El desarrollo de los sistemas digitales, han sido parte fundamental en el desarrollo de los sistemas de comunicación. En la actualidad se transmite gran cantidad de información a través de la red telefónica, utilizando como uno de sus mejores medios la fibra óptica. Sin embargo un sistema de comunicación vía satélite sigue siendo el medio ideal para comunicar dos puntos distantes a mucho menor costo de lo que implicaría el comunicar dos puntos distantes por fibra óptica. Por tal motivo es necesario el implementar técnicas de modulación digital y de acceso que nos permitan comunicar al mayor número de usuarios en anchos de banda definidos y con buena calidad de comunicación.

Los sistemas de comunicación digital ofrecen muchas ventajas como lo es una mayor flexibilidad en el procesamiento de datos, facilidad en la regeneración de señales, mayor confiabilidad, más alto desempeño y simplicidad para combinar señales. Por lo que el uso de técnicas de modulación digital fueron necesarias para la transmisión de señales digitales a través de satélites. Sin embargo y debido a la gran demanda de usuarios y por el incremento del ancho de banda al trabajar con señales digitales, la implementación de técnicas de acceso al satélite para el mayor aprovechamiento del espectro, son muy importantes.

En la actualidad una de las técnicas de acceso más utilizadas es la TDMA puesto que es totalmente digital y la tendencia es precisamente la trabajar bajo este tipo de formato.

En cuanto al tipo de modulación QPSK es la de mejor rendimiento sin embargo el utilizar cual o tal tipo de modulación depende en mucho de la razón de error de bits determinadas por el sistema, así como del ancho de banda útil del sistema.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

MNEMÓNICOS

A/D	Analógico / Digital
AM	Amplitud modulada
ASK	Desplazamiento de amplitud
AT&T	American telephone & telegraph company
bps	Bits por segundo
BPSK	Desplazamiento de fase binaria
BTR	Recuperación de tiempo de bit
CCIR	Comité consultivo internacional de radio
CDC	Canal de control y retardo
CDMA	Acceso múltiple por división de código
CEPT	Conferencia de administraciones postales y de telecomunicaciones europeas
Codec	Codificador-decodificador
CRS	Recuperación de portadora
CSC	Canal de señalización común
CT	Canal terrestre
D/A	Digital/analógico
DAC	Convertidor digital a analógico
DAMA	Asignación por demanda
db	Decibel
dbw	Decibel por encima de un watt
DEMUX	Demultiplexor
DNI	Interface digital no interpolada
DPCM	Modulación de pulsos codificados diferencial
DSI	Interface de interpolación de conversación digital

FDM	Multiplexión por división de frecuencia
FDMA	Acceso múltiple por división de frecuencia
FEC	Corrección de error adelantado
FI	Frecuencia intermedia
FM	Frecuencia modulada
FPB	Filtro pasa banda
FSK	Desplazamiento de frecuencia
HPA	Amplificador de alta potencia
IM	Índice de modulación
IMP	Producto de intermodulación
ITT	Internacional de telefonía y telegrafía
LNA	Amplificador de bajo ruido
MSK	Desplazamiento mínimo
MUX	Multiplexor
OQPSK	QPSK de compensación
PAM	Modulación por amplitud de pulso
PCM	Modulación por código de pulsos
PM	Modulación de fase
PSK	Desplazamiento de fase
QAM	Modulación de amplitud en cuadratura (AS,PSK)
QPSK	Desplazamiento de fase cuaternaria
RF	Radio frecuencia
RTE	Terminal de referencia de tráfico
SC	Canal de servicio
SCPC	Un canal por portadora
SG	Tiempo de guarda
SNR	Relación de señal a ruido
SORF	Recepción de la ráfaga de referencia
SOTF	Transmisión de la ráfaga de tráfico

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

SPADE	SCPC-DAMA
TDA	Diodo túnel
TDM	Multiplexaje por división de tiempo
TDMA	Acceso múltiple por división de tiempo
TTY	Teletipo
TWT	Tubo de guía de onda
UW	Palabra única
VOW	Canal de comunicación de voz

DEFINICIONES

Análogo	Representación de una variable física cambiante en el tiempo, por otra variable física.
Ancho de banda	Rango de frecuencia ocupada por una señal que transporta información.
Banda ancha	Forma de modulación en la cual se forman múltiples anchos de banda mediante la división del medio de transmisión en pequeños segmentos de frecuencia.
Banda base	Se conoce como la señal de información que modula el transmisor
Banda lateral	Una de las dos bandas de frecuencias , una a cada lado de la frecuencia de la portadora, dentro de las cuales quedan comprendidas las frecuencias de la onda producida por proceso de modulación.
Baudio	Mide la velocidad de traspaso de información por segundo. Unidad binaria de transmisión de información por segundo.
Binario	Sistema de numeración basado en dos valores o dígitos(cero y uno). Sistema en base dos .

Bits	Unidad de información más pequeña que puede ser procesada o transportada por un circuito.
Codificador	Instrumento que altera electrónicamente una señal programada a fin de que solo pueda ser captada por equipos con decodificadores apropiados.
Codificador de error adelantado	Técnica utilizada con el fin de corregir errores, sin tener que retransmitir la señal en caso de producirse los mismos. Permite detectar los bits erróneos por medio de adicionar bits de redundancia con esa función a manera de código de bloques. FEC
Decibel	Unidad para medir la intensidad relativa de una señal, tal como potencia, voltaje, etc.
Decodificador	Realiza la operación inversa a la codificación.
Demodulador	Circuito o dispositivo cuya acción sobre una onda portadora, permite recuperar o recomponer la onda moduladora original.
Dibit	Grupo formado por dos bits
Digital	Modalidad de transmisión en la cual la información es codificada en forma binaria para su envío.
Erlang	Unidad de intensidad de tráfico. Es la ocupación continua de un dispositivo telefónico durante una hora.
Razón de error de bit (BER)	Es un registro empírico(histórico) del verdadero rendimiento de error de bit de un sistema
Error de cuantización	Es la diferencia entre la entrada y salida de un cuantificador
Espectro	La energía que contienen las señales en diferentes frecuencias y sirve para determinar el ancho de banda de una señal.
Espectro disperso	Se conoce como un método para expandir el espectro de una señal

Frecuencia	Representa el número de ciclos completos por unidad de tiempo para una magnitud periódica.
Full duplex	Circuitos o equipos que permiten la transmisión y recepción al mismo tiempo. (fdx)
Mezclador	Se utiliza para trasladar la frecuencia de F_i a F_f sin afectar el índice de modulación.
Microondas	Termino con el que se conocen las longitudes de onda del espectro que abarca de 30 a 0.3 cm. Y corresponde a frecuencias de 1-100 Ghz.
Modulación	Es el proceso mediante el cual alguna propiedad o parámetro de cualquier señal se hace variar en proporción a una segunda señal.
Modulador balanceado	Es un circuito que produce una señal de doble banda lateral con portadora suprimida
Polarización	Desarrollo lineal o circular que se imprime a una onda electromagnética, la cual se modifica en su trayecto por rotación del plano de polarización o despolarización de las ondas. Describe la dirección del vector campo eléctrico.
Portadora	Onda de radio generada por transmisor cuando no existe una señal de modulación
Probabilidad de error	Es una expectativa teórica matemática de la taza de error de bit para un sistema determinado.
Tiempo de propagación	Tiempo necesario para que una señal pase a través de un dispositivo o medio conductor.
Transponder	Parte de un satélite que tiene como función principal la de amplificar la señal que recibe de la estación terrena , cambiar la frecuencia y retransmitirla a una estación terrena, con una cobertura amplia.
Tribit	Grupo formado por tres bits

BIBLIOGRAFÍA

Sistemas de Comunicaciones Electrónicas

Wayne Tomasi

Segunda edición

Prentice Hall, 1996

Introducción a los Sistemas de comunicación

F.G. Stremier

Tercera edición

Addison-Wesley Iberoamerica, 1993

Radio System Design for Telecommunications (1-100 GHz)

Roger L. Freeman

John Wiley & Sons, Inc. 1987

Digital Communications

Satellite/Earth Station Engineering

Dr. Kamilo Feher

Prentice-Hall Inc, 1981

PCM Básico

Wandel & Goltermann de México, S.A. de C.V.