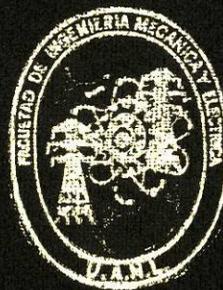


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
ING. EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA

ARMANDO CARLOS PEÑA HINOJOSA

ASESOR: ING. FERNANDO ESTRADA

MONTERREY, N. L.

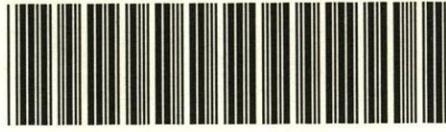
MAYO DE 1997

T

TK5104

P45

C.1

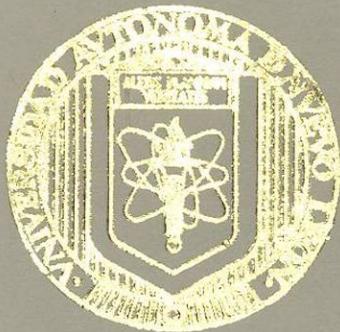


1080072248



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
ING. EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA

ARMANDO CARLOS PEÑA HINOJOSA

ASESOR: ING. FERNANDO ESTRADA

MONTERREY, N. L.

MAYO DE 1997

**Dedicado a la memoria de mi querida hermanita
Irma Dolores Peña Hinojosa “Mita” (†), la mejor
hermana que pude haber tenido.**

**Dedicado con todo mi amor y mi gratitud a mis padres
Armando Peña Silva e Irma Dolores Hinojosa de Peña
por apoyarme siempre en cada momento de mi vida.**

**Gracias a Dios Nuestro Señor por haberme
permitido terminar mi carrera de ingeniero
y por estar siempre conmigo.**

COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

Objetivo

El presente trabajo ha sido realizado con el fin de dar un panorama mas amplio de la comunicación satelital tocando temas que van desde la descripción general de un sistema vía satélite hasta la tecnología de estaciones terrenas.

Introducción

En 1945, Arthur C. Clarke sugirió en una de sus publicaciones la posibilidad de colocar satélites artificiales en una órbita tal que al observarlos desde un punto sobre la superficie de la Tierra parecería que no se movería, como si estuviesen colgados en el cielo. Los satélites no cambiarían aparentemente de posición y esto traería consigo grandes ventajas, tal como se verificaría años mas tarde, se simplificaría y el costo de los equipos terrestres necesarios para utilizarlos se reduciría, en relación con el uso de otras órbitas. Además, casi la totalidad del mundo habitado se podría intercomunicar por radio con tan solo tres satélites colocados en esa órbita especial (figura #1).

La idea de Clarke era muy buena y debían cumplirse varios requisitos para que el satélite fuese en verdad fijo con respecto a la Tierra, es decir geoestacionario. En primer lugar, el satélite debía desplazarse en el mismo sentido de rotación de la Tierra; además para que no perdiese altura poco a poco y completase una vuelta cada 24 horas, debía estar a aproximadamente 36 000 km. de altura sobre el nivel del mar; para lograrlo, el satélite debía tener una velocidad constante de 3075 m/s, siguiendo una órbita circular alrededor de la Tierra (figura #2).

En la actualidad las comunicaciones satelitales son indispensables para el genero humano como una herramienta básica para sus actividades socioeconómicas. Este sistema de comunicaciones es ahora ampliamente utilizado no solo en telecomunicaciones sino también en radiodifusión, observaciones

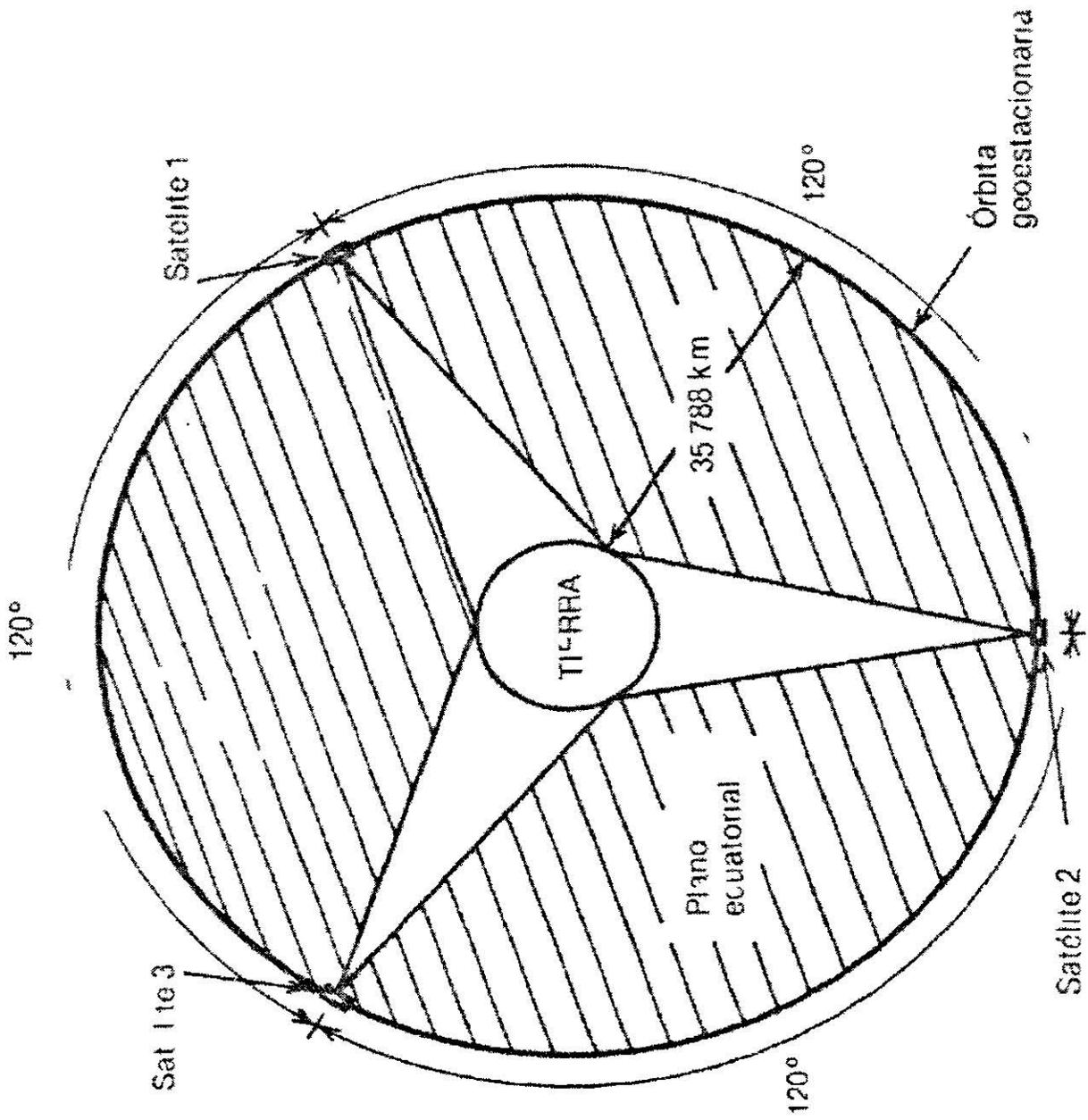


Figura 1 Clarke indicó que con solamente tres satélites en órbita geostacionaria sería posible intercomunicar por radio a casi la totalidad del mundo habitado, desde luego con una limitación en la cantidad de tráfico simultáneo.

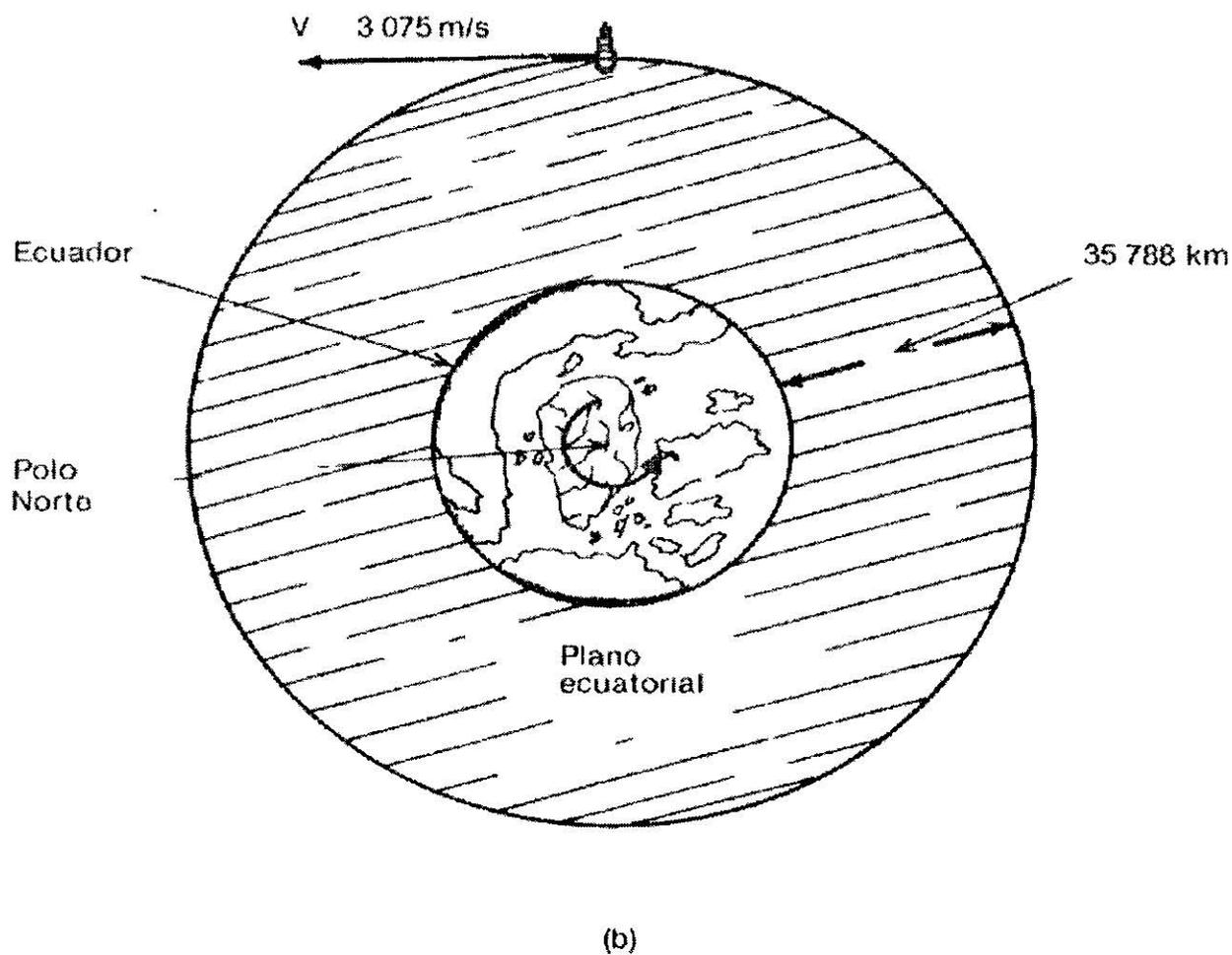
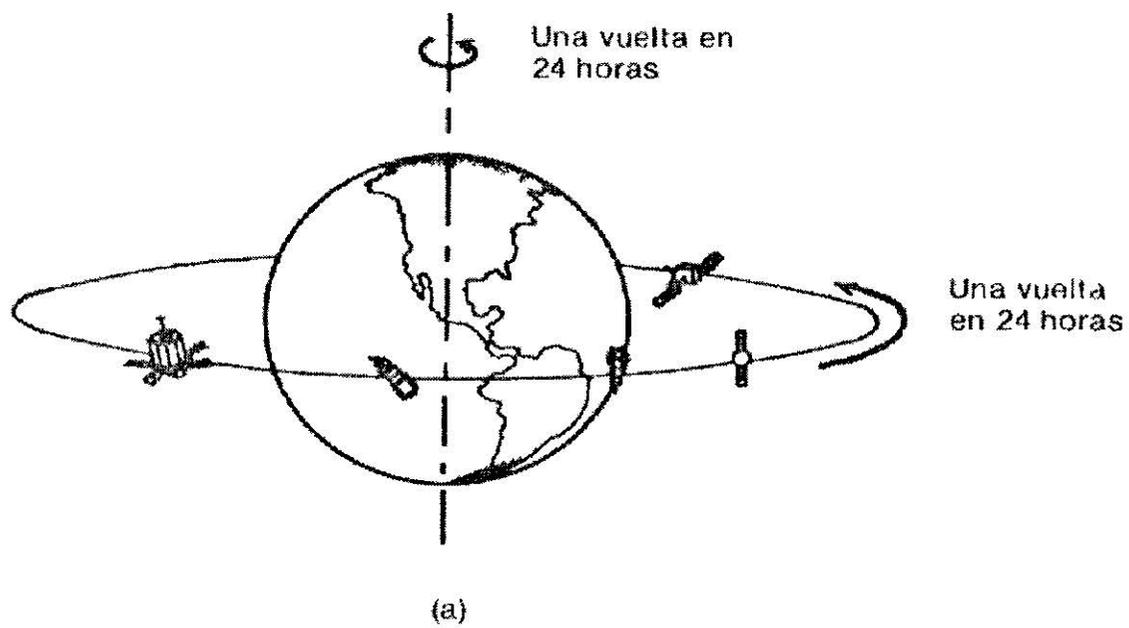


Figura 2 Los satélites geoestacionarios giran a rededor de la Tierra sobre el plano ecuatorial, completando una vuelta en 24 horas. Para un observador sobre un punto fijo de la Tierra, los satélites no se mueven a) Vista lateral b) vista superior.

meteorológicas, navegación y recursos de explotación, así como para la investigación del espacio.

Las comunicaciones satelitales son comunes en las comunicaciones internacionales. Mas de cien países están unidos a través de Intelsat (International Telecommunications Satellite Organization). El rápido progreso de la tecnología espacial hizo económico el uso de comunicaciones satelitales para uso nacional, así como internacional.

Históricamente las comunicaciones vía satélite han seguido una tendencia desde la internacionalización de las comunicaciones hasta la personalización de ellas. Y curiosamente esto ha venido ocurriendo por décadas desde mediados de los 60's, donde proliferaron las estaciones terrenas tipo Tulancingo (Intelsat standard a), para conexiones internacionales, principalmente entre continentes.

El siguiente paso ocurrió cuando la potencia de los satélites permitió la reducción en tamaño de las antenas y, por lo tanto, el costo de las estaciones terrenas y su mantenimiento. Fue a mediados de los 70's cuando los canadienses, por su extenso territorio exploraron la oportunidad de usar un sistema nacional de satélite con fines exclusivamente nacionales.

Mas tarde, a mediados de los 80's surge la idea de extender los servicios satelitales a empresas, a través de estaciones terrenas que se pudieran instalar en las azoteas de los edificios o en estacionamientos, para lograrlo fue necesario el uso de bandas diferentes a la tradicional banda C, optima para las comunicaciones con satelites geoestacionarios, pero desgraciadamente con posibilidad de interferencias de sistemas de comunicaciones terrestres por microondas. Las VSAT's nacen con una nueva banda, la Ku que además de evitar posibles interferencias permita que con menor diámetro en las antenas se obtengan ganancias de señal a ruido similares a los de la banda C.

No obstante a la nueva banda le afecta en mayor grado la lluvia; sin embargo esto no fue un impedimento para su gran aceptación en el mercado.

Sin embargo, con la globalización de las empresas y a su vez su pulverización (es decir, cada vez hay mayor cantidad de empresas, con menor número de gente y con mayor movilidad, y cantidad de negocios internacionales), se ocasiona el surgimiento de necesidades de comunicación en forma más personal, más intensa y en movimiento.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

En menos de 25 años las comunicaciones vía satélite han llegado a ser primordiales en referencia a las comunicaciones de larga distancia (Telmex). Para comprender mejor lo que implican las comunicaciones vía satélite se ejemplifican los usos mas comunes de enlaces satelitales tanto analógicos como digitales.

Sistemas Analógicos

En la actualidad los sistemas como fuentes analógicas son el audio y el vídeo en general.

Sistemas Digitales

Los usos mas comunes como fuentes digitales son datos, voz, fax y videoconferencia.

En las redes instaladas casi siempre se usan multiplexores para un mejor aprovechamiento del ancho de banda y también porque se pueden incluir aquellos servicios que no son fuentes digitales y que se pueden digitalizar por ejemplo voz y vídeo.

Además, los multiplexores, cuentan con diferentes tipos de interfaces como RS232, RS 422, V35 Y G703 entre las mas comunes. Tambien cuentan con varios tipos de conexión de voz como son extensiones, troncales, PBX digitales y señalización E&M.

Existen varias formas de tener redes satelitales siendo la mas común la red estrella, la cual consiste de una antena maestra y varias antenas remotas enlazadas hacia esta.

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

México entra en las comunicaciones espaciales en 1968, año en que inicia operaciones la estación terrena Tulancingo I, operando en uno de los satélites del consorcio Intelsat.

En 1981 contrato servicios del Intelsat IV-A para conducción de señales de TV nacional e internacional con Estados Unidos.

Debido a la creciente demanda en las telecomunicaciones nacionales, fue conveniente y factible que nuestro país contara con un sistema de satélites propios. En 1982 se firmaron los contratos para el desarrollo del proyecto del sistema de Satélites Morelos. Ambos satélites fueron puestos en órbita por la NASA.

Con lo que respecta a los Satélites Solidaridad se contrataron los servicios de la compañía Arianespace para el lanzamiento y puesta en órbita de ambos satélites.

Espectro de Frecuencias

Un sistema de comunicaciones emplea el espectro de frecuencias electromagnéticas el cual se muestra a continuación. Las frecuencias usadas para las comunicaciones satelitales están asignadas en las bandas de Super Alta Frecuencia (SHF) y Extremadamente Alta Frecuencia (EHF).

El manejo del espectro es una actividad importante que facilita el uso de tal, no solo para comunicaciones satelitales, sino también para otras aplicaciones de telecomunicaciones. Esto es hecho bajo los auspicios de la Unión de Telecomunicaciones Internacionales (ITU), la cual es una agencia especializada de la ONU.

BANDAS DE FRECUENCIAS

Frecuencia	Designación
3 Hz-30 Khz	Very Low Frequency (VLF)
30-300 Khz.	Low Frequency (LF)
300 Khz- 3 Mhz	Medium Frequency (MF)
3-30 Mhz.	High Frequency (HF)
30-300 Mhz	Very High Frequency (VHF)
300 Mhz- 3 Ghz	Ultrahigh Frequency (UHF)
3- 30 Ghz	Superhigh Frequency (SHF)
30-300 Ghz	Extremely High Freq. (EHF)
10e3- 10e7 Ghz	Infrared, Ultra Violet

Espectro de Frecuencias del Satelite

Banda de Frecuencia	Rango (Ghz)
L	1-2
S	2-4
C	4-8
X	8-12
Ku	12-18
K	18-27
Ka	27-40
Millimeter	40-300

TÉCNICAS DE COLOCACIÓN EN ÓRBITA DEL SATÉLITE DE COMUNICACIONES

Inyección Directa en la Órbita Geoestacionaria.

En este tipo de colocación en órbita, el satélite es transportado por un cohete de varias etapas hasta el cinturón de Clarke, sin que necesite realizar esfuerzos propios. La inyección directa en órbita geoestacionaria es muy costosa y solo se utiliza para mandar satélites militares; como el satélite no realiza esfuerzos propios para llegar a su órbita, es decir, no lleva motores acoplados directamente a él, para pasar de una órbita a otra, la probabilidad de que llegue a su destino en buenas condiciones aumenta.

Inyección Inicial en Órbita Elíptica.

En este tipo de colocación en órbita, las etapas del sistema lanzador colocan al satélite en una órbita elíptica de gran excentricidad, es decir muy alargada, en la que el centro de la tierra es uno de los dos focos. Una vez ahí, el satélite se separa del cohete y da una o varias vueltas en esa órbita, llamada de transferencia geosíncrona, hasta que se lleva a cabo la siguiente etapa del proceso, ya con esfuerzos propios del mismo. El periodo de la órbita de transferencia geosíncrona está normalmente a una altura aproximada de 200 km. sobre el nivel del mar y su apogeo cerca de los 35788 km., que es la altura final en la que el satélite debe quedar para funcionar. El paso siguiente es circularizar la órbita y para ello el satélite lleva acoplado un motor que se enciende precisamente en el punto de apogeo de la última vuelta elíptica que se haya programado; obviamente, el encendido se efectúa después de haber orientado al satélite a control remoto en forma adecuada, para que el empuje del motor de apogeo resulte en la dirección correcta. Al encenderse este, el satélite recibe un incremento sustancial de velocidad y su órbita cambia, pasando de la elíptica de transferencia geosíncrona a la circular geoestacionaria, órbita final en la que el satélite quedará funcionando (figura #3).

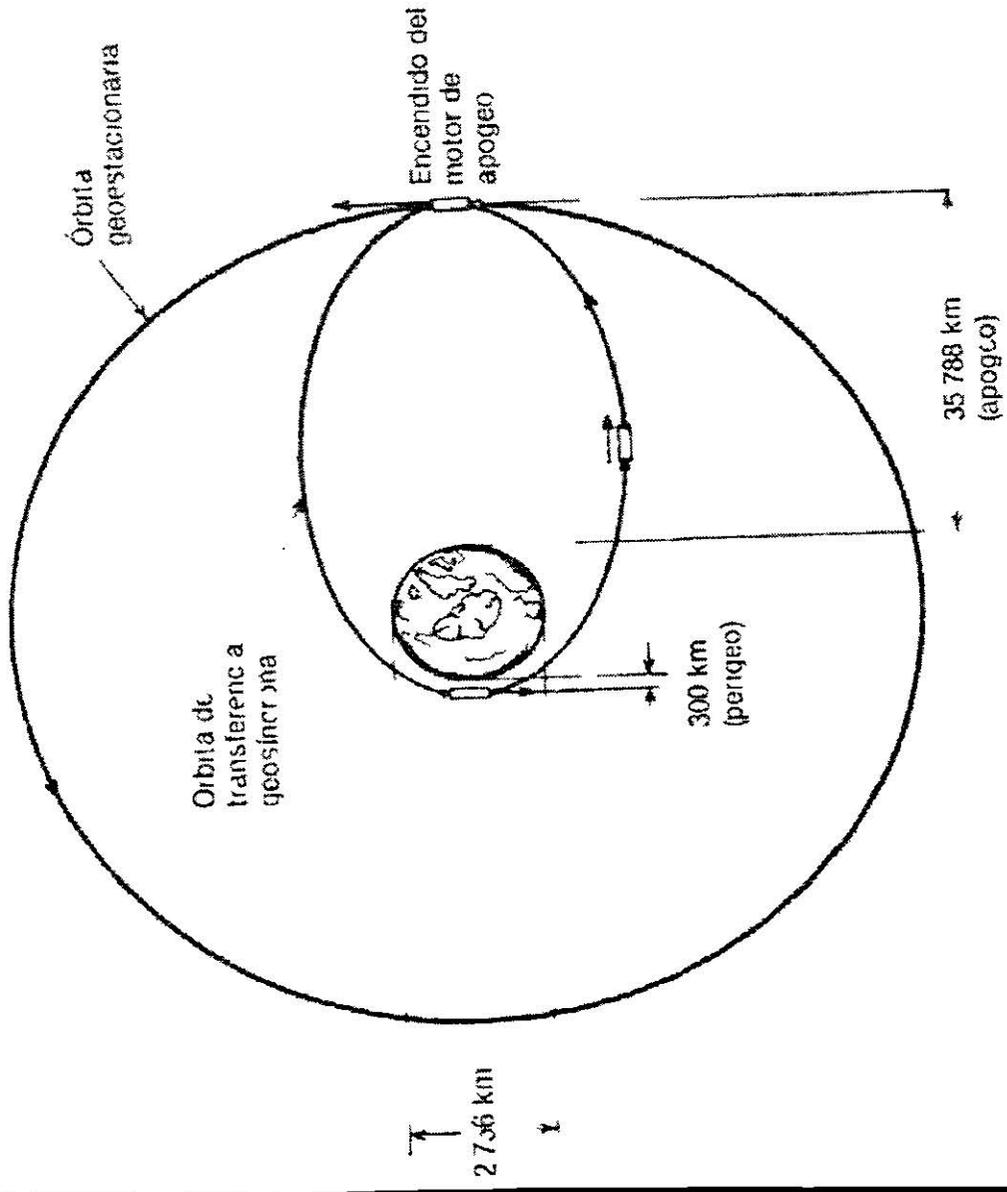


Figura 3 Algunos cohetes, como los Ariane de la Agencia Espacial Europea, colocan a los satélites geostacionarios en dos pasos. El satélite se pone primero en una órbita elíptica de transferencia geosíncrona y después de varias vueltas, en uno de los apogeos se enciende un motor que circulariza la órbita, quedando así el satélite en órbita geostacionaria

Inyección Inicial en la Órbita Circula Baja.

Esta es la técnica empleada por el Sistema de Transportación Espacial de la NASA de E.U.A., mejor conocido como orbitador o taxi espacial, y consiste en tres pasos, los últimos son idénticos al caso de Inyección Inicial en Órbita Elíptica y el primer paso se describe a continuación. El orbitador despega llevando al satélite en su compartimiento y entra en órbita alrededor de la Tierra siguiendo una trayectoria circular, a una altura de 300 km. sobre el nivel del mar. En una de las muchas vueltas que da la nave, el satélite es liberado o arrojado del compartimiento de carga, quedando de esta forma también en órbita circular baja alrededor de la Tierra, aunque separado del vehículo espacial; la velocidad inicial del satélite es la misma que la del orbitador, aunque ligeramente modificada por el efecto de los resortes que se emplean para arrojarlo del compartimiento de carga. La separación se efectúa cuando el orbitador va cruzando el plano del ecuador, y cuarenta y cinco minutos mas tarde, cuando el satélite vuelve a cruzar el plano del ecuador, su motor de perigeo se enciende. Este le da un empuje tal que modifica su órbita, cambiándola de circular baja o de estacionamiento a una elíptica, similar a la de Inyección Inicial en Órbita Elíptica. Una vez que cumplido su función, el motor de perigeo se desprende del resto del cuerpo del satélite, dando así las condiciones adecuadas para que, mas adelante y el momento preciso, un motor de apogeo acoplado al cuerpo del satélite se encienda para circularizar la órbita con su altura final.

En realidad, el procedimiento para colocar un satélite en órbita no es tan sencillo como parece ser de acuerdo con los tres métodos descritos. No solamente hay que proporcionarle cambios o incrementos de velocidad al satélite para modificar la geometría de las órbitas que formen parte del procedimiento elegido, sino al mismo tiempo también hay que lograr pasar de un plano a otro, y todo aquello haciendo el menor consumo de energía (combustible) para reducir los costos del lanzamiento (figura #4).

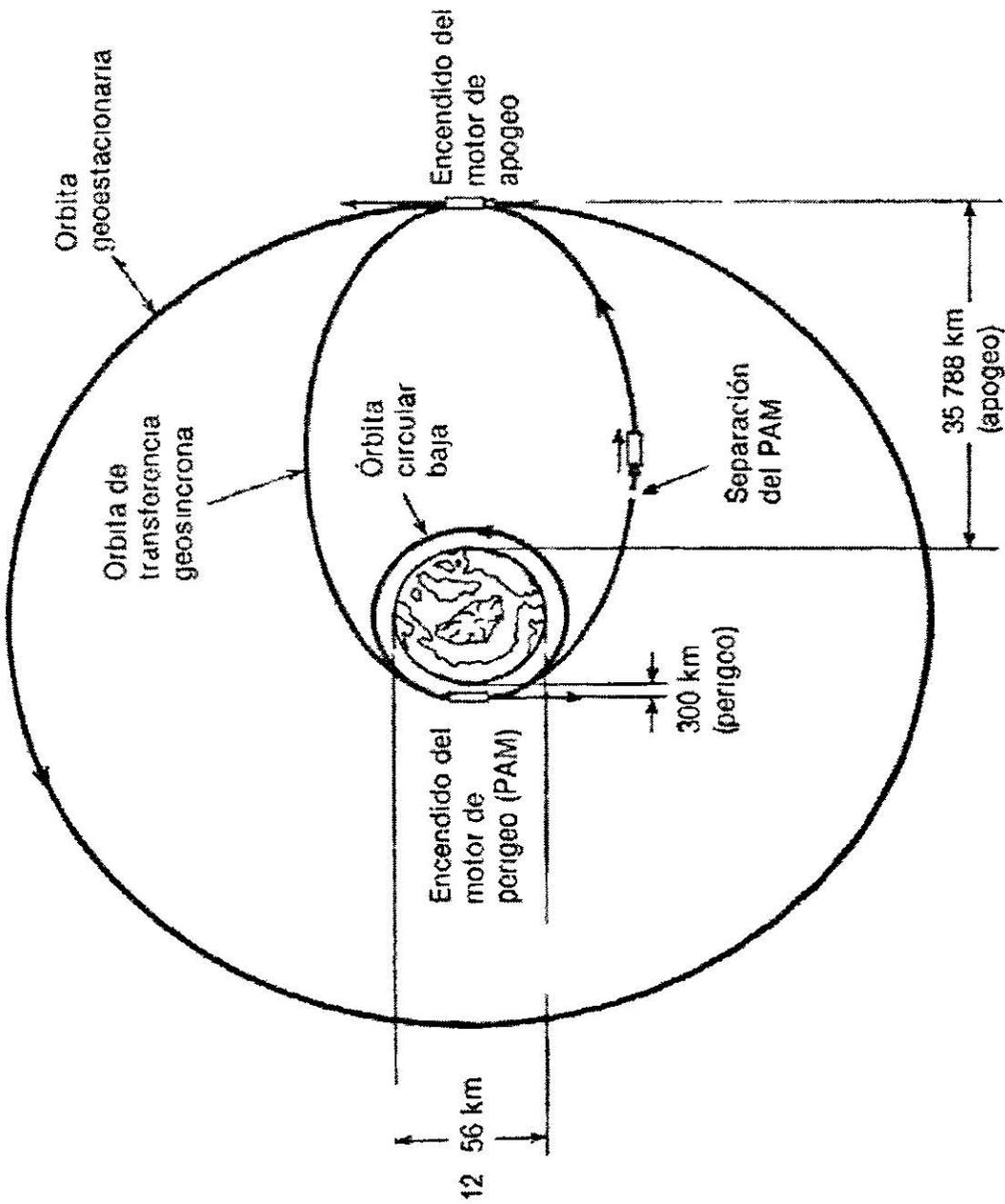


Figura 4 Los orbitadores de la NASA colocan al satélite en una órbita circular baja. Para que éste llegue a su posición geostacionaria final deben seguirse otros dos pasos, mediante el encendido de un motor de perigeo y después el de un motor de apogeo. Como consecuencia del accidente del Challenger pocos son los satélites comerciales que la NASA lanzará con sus orbitadores en los próximos años.

CLASIFICACIÓN DE LOS SATÉLITES DE COMUNICACIÓN

A) De acuerdo a su modo de operación

Se clasifican en pasivos y activos; los activos son los satélites que involucran en algún proceso a la señal (tal como grabación, reproducción, amplificación, cambio de frecuencia, etc.) y como pasivos se pueden considerar a los satélites que se comportan como simples reflectores de la señal (ondas de energía electromagnética).

B) De acuerdo a su aplicación.

De acuerdo a lo anterior se clasifican en militares y civiles. Dentro de la clasificación de civiles se encuentran los satélites de comunicación, meteorológicos, de investigación, etc. y dentro de los militares están los satélites usados por el ejército.

C) De acuerdo a su cobertura.

Se clasifican en globales y regionales ó domésticos, cabe mencionar que los globales cubren aproximadamente el 40% de la superficie terrestre.

D) De acuerdo a su órbita.

Se clasifican en geostacionarios y no geostacionarios. Es llamado satélite de órbita geoestacionaria aquel permanece fijo con respecto a la Tierra, es decir, que si es visto desde la Tierra aparecerá como un punto fijo en el cielo. Es llamado satélite de órbita no geoestacionaria aquel que siempre esta en movimiento con respecto de la Tierra, un ejemplo de este tipo es nuestro satélite natural La Luna.

SISTEMA DE SATÉLITES MORELOS Y SOLIDARIDAD

Satélites Morelos

Cada uno de los satélites esta constituido por varios subsistemas los cuales se listan a continuación:

Subsistema	Función
Antenas	Recibir y transmitir señales de radiofrecuencia.
Comunicaciones	Amplificar las señales y cambiar su frecuencia.
Energía Eléctrica	Suministrar electricidad con los niveles adecuados de corriente y voltaje.
Control Térmico	Regular la temp. del conjunto.
Posición y Orientación	Determinar la posición y orientación del satélite.
Propulsión	Proporcionar incrementos de velocidad y pares para corregir la posición y la orientación.
Rastreo, Telemetría y Comando	Intercambiar información con el centro de control en la Tierra para conservar el funcionamiento del satélite.
Estructural	Alojar todos los equipos y darle rigidez al conjunto.

a) Subsistema de Antenas

Las antenas reciben las señales de radiofrecuencia provenientes de las estaciones terrenas transmisoras y después de que son procesadas en el satélite, las transmiten de regreso a la Tierra, concentradas en un haz de potencia. En algunos casos, las antenas que reciben son distintas de las que transmiten, pero también es posible que una sola reciba y transmita al mismo tiempo, utilizando para ello frecuencias y elementos de alimentación diferentes. Los elementos de alimentación son generalmente antenas de corneta conectadas a guías de onda

b) Subsistema de Comunicaciones

Las señales de comunicaciones (telefonía, televisión e información digital) recibidas por el satélite entran a él a través de sus antenas, y ellas mismas se encargan de retransmitir toda esa información hacia la Tierra, después de procesarla debidamente. Los principales pasos del proceso son amplificar las señales a un nivel de potencia adecuado, para que puedan ser recibidas a su regreso con buena calidad, así como cambiarlas de frecuencia, para que salgan por el conjunto de antenas sin interferir con las señales que están llegando simultáneamente. El subsistema de comunicaciones realiza estas funciones mediante filtros, amplificadores, convertidores de frecuencia, conmutadores y multiplexores.

La figura 5 muestra la relación entre las antenas y el equipo de comunicaciones. Para mayor sencillez, en ella solamente se ilustra una de las posibles trayectorias o cadenas de los equipos que hay en el subsistema de comunicaciones; es normal que algunos de estos equipos se instalen repetidos, es decir, que sean redundantes, para que en el caso que uno de ellos se descomponga, exista aun la posibilidad de tener una trayectoria ininterrumpida entre las antenas de recepción y transmisión; para efectuar el cambio se cuenta con conmutadores que hacen la conexión de un elemento a otro. A lo largo de la trayectoria completa de cada repetidor, comprendiendo todos sus equipos desde la salida de la antena receptora hasta la

SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

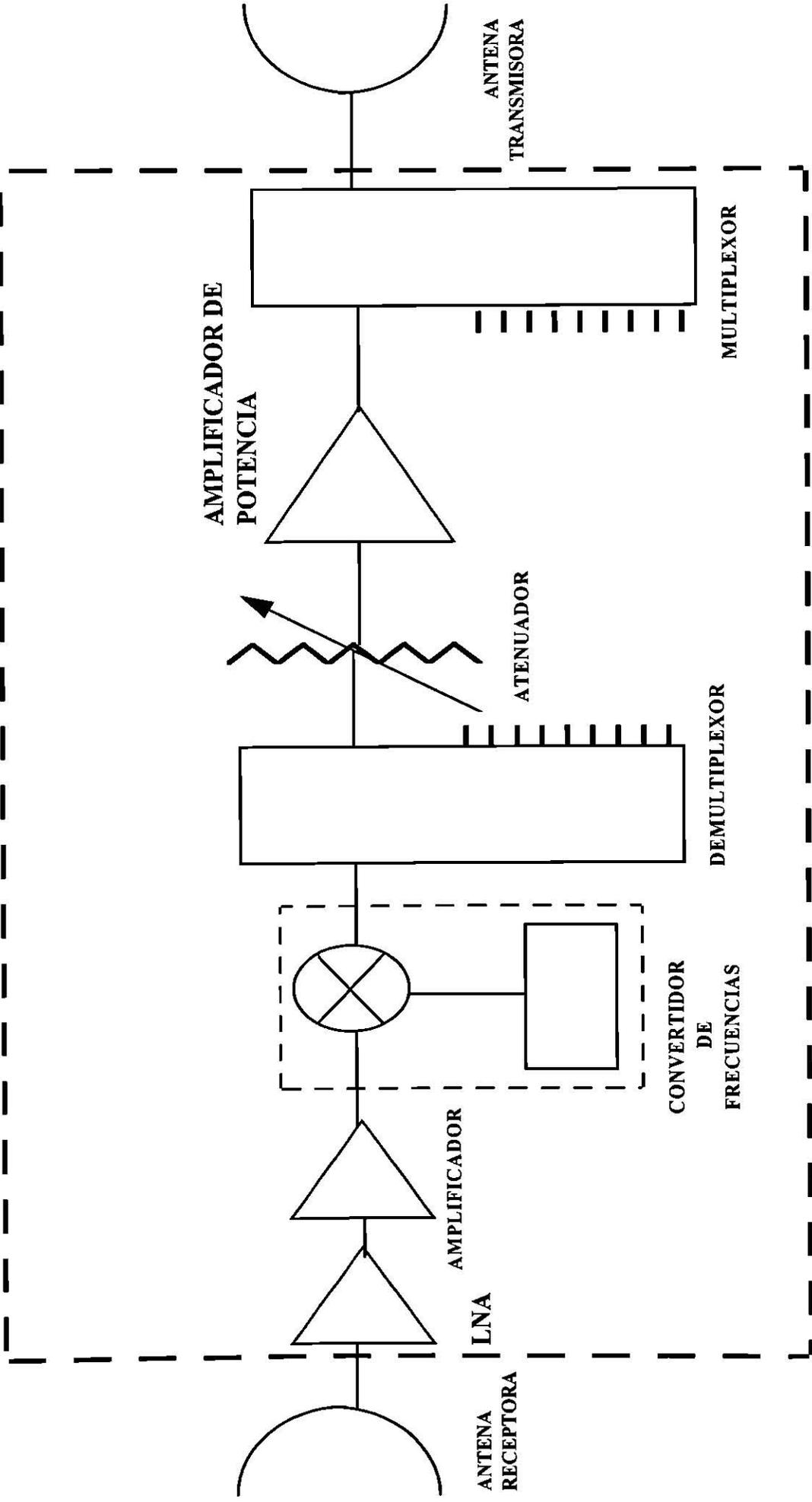


Figura # 5

entrada da la antena transmisora se le da el nombre de transpondedor.

El subsistema de comunicaciones consiste de una sección de antenas y 22 canales repetidores (transpondedores), los cuales constan de 18 en banda C de 4/6 Ghz y 4 en la banda Ku de 12/14 Ghz. La parte correspondiente a la banda C utiliza el concepto de reuso de frecuencias, lo que permite una capacidad de 12 canales de banda angosta (36 Mhz) y 6 de banda ancha (72 Mhz).

Referente a la banda Ku, no se hace el reuso de frecuencias y se cuentan con cuatro canales de 108 Mhz de ancho de banda cada uno.

El subsistema de comunicaciones esta compuesto por los siguientes dispositivos:

- amplificador de bajo ruido
- amplificador
- convertidor de frecuencias
- demultiplexor
- atenuador
- amplificador de potencia
- multiplexor

Amplificador y amplificador de bajo ruido

Los primeros dispositivos electrónicos con que se encuentran las señales provenientes de la tierra son el LNA “amplificador de bajo ruido”, con poca salida de potencia, y el amplificador; el primer aparato genera internamente muy poco ruido, que se suma a las señales originales que entran a el para amplificación. Todos los dispositivos electrónicos generan ruido, principalmente por su calentamiento. Si estas nuevas señales, ajenas a la información original, son muy grandes o intensas, entonces al sumarse con la segunda pueden alterar su contenido. La primera etapa de amplificación es muy importante, porque cualquier señal recibida por la antena es muy débil. Por esta razón es muy importante que el ruido generado por este primer dispositivo sea lo mas bajo posible, y de ninguna manera comparable con la magnitud de las

débiles señales que están entrando a el. Para el segundo amplificador ya la señal nos es tan débil como al recibirla en el LNA y entonces puede vigorizarla a un buen nivel de potencia.

Convertidor de frecuencias.

Este dispositivo nos es mas que oscilador local que multiplica las señales que entran por otra generada internamente; las señales obtenidas a la salida del aparato son similares a las que entraron, por lo que respecta a su contenido, pero han sido desplazadas a frecuencias mas bajas en el espectro radio eléctrico.

Demultiplexor y Multiplexor.

Después de amplificar y de cambiar de frecuencias de las señales, el siguiente paso es separarlas en grupos o bloques; cada grupo puede contener un solo canal de televisión o dos, cientos de canales telefónicos, un paquete de información digital de alta velocidad, o alguna otra variable. La separación la realiza un dispositivo que nos sirve para poder separar en canales un medio de transmisión, que tiene para el demultiplexor varios de entrada y solo uno de salida y un solo conducto de entrada y varios de salida para el multiplexor.

Atenuador y amplificador de potencia.

El atenuador sirve para disminuir a control remoto, y en distinto grado, la intensidad del bloque de las señales que entran al amplificador de potencia o a la primera etapa de amplificaron si es que hay una. La regulación de la intensidad de entrada permite operar al amplificador de potencia en distintas condiciones o puntos de trabajo, es decir se puede controlar la cantidad de potencia que salga de el, como sucede con un aparato de radio casero al que se le sube o baja el volumen girando una perilla. Esta etapa de encarga de darle la un a gran potencia necesaria para poder transmitir.

c) Subsistema de Energía Eléctrica

Para funcionar adecuadamente, todo satélite necesita un suministro de energía eléctrica sin interrupción y sin variaciones significativas en los niveles de energía y corriente. El subsistema de energía eléctrica consiste en tres elementos fundamentales: una fuente primaria, una fuente secundaria y un acondicionador de potencia; este último está integrado por dispositivos como reguladores, convertidores y circuitos de protección, que permiten regular y distribuir la electricidad con los niveles adecuados a cada una de las partes del satélite.

d) Subsistema de Control Térmico

El satélite consta de varias partes que requieren rangos distintos de temperatura para operar eficientemente y para que estos rangos de temperatura se conserven es necesario mantener un balance o equilibrio térmico del conjunto. Uno de los factores que intervienen en el mencionado equilibrio es el calor generado constantemente por el satélite en su interior, cuya principal contribución proviene de los amplificadores de potencia; la energía que absorbe del sol y de la Tierra son otros factores importantes que también se deben considerar. La energía proveniente de la Tierra la integran dos tipos de radiación; la propia de ella y la del Sol reflejada por su superficie (albedo). La suma del calor generado internamente por el satélite más el producido por la absorción de energía del Sol y la Tierra, menos el radiado por el satélite hacia el exterior, se debe mantener lo más constante posible, con pocas variaciones, de tal modo que el satélite funcione íntegra y correctamente. El control de este balance térmico es también muy importante cuando ocurre un eclipse, pues el satélite se enfría bruscamente al quedar en la oscuridad, y cuando está de nuevo expuesto a los rayos del Sol sufre otro cambio brusco de temperatura.

La transferencia de calor sobrante del satélite al vacío se efectúa por radiación; en su interior también se produce una ligera transferencia de calor entre sus partes, pero por conducción en la

estructura. Con el fin de mantener lo mejor posible el equilibrio térmico, los especialistas en el diseño de satélites tienen a su alcance gran variedad de materiales que utilizan para proteger cada una de las partes del aparato.

e) Subsistema de Posición y Orientación

El objetivo de un satélite es recibir señales radioeléctricas desde alguna parte de la Tierra y retransmitirla hacia otra a través de su subsistema de antenas direccionales, que por supuesto deben estar permanentemente orientadas hacia la zona geográfica de servicio. Para que tal situación se logre debe, es necesario mantener la orientación de la estructura del satélite estable con respecto a la superficie de la Tierra, lo cual se obtiene mediante las técnicas de estabilización por giro o estabilización triaxial.

Con la técnica de la estabilización por giro, una parte del satélite -o en algunos casos toda su estructura- gira para conservar el equilibrio del conjunto, al mismo tiempo que las antenas permanecen orientadas hacia la tierra.

Los satélites con estabilización triaxial no giran, y aparentemente permanecen estáticos con sus largos paneles solares extendidos en el vacío y sus antenas apuntando hacia la Tierra. En estos casos, la estabilización de la estructura del satélite se conserva mediante volantes giratorios que van colocados en su interior, sobre cada uno de los tres ejes utilizados como referencia para definir la orientación del satélite hacia la superficie terrestre.

f) Subsistema de Propulsión

El subsistema de propulsión o control a reacción opera según el principio de la tercera ley de Newton; mediante la expulsión de materia a gran velocidad y alta temperatura a través de toberas o conductos de escape, se obtienen fuerzas de empuje en sentido contrario. Hay propulsores de químicos y eléctricos, pero los primeros son los de mayor uso porque proporcionan niveles de empuje cientos o miles de veces más grandes que los eléctricos.

El principio básico mediante el cual operan los propulsores químicos es la generación de gases a muy alta temperatura en el interior de la cámara mediante la reacción química de propelentes.

g) Subsistema de Rastreo, Telemetría y Comando

Este subsistema conocer a control remoto la operación y posición del satélite, así como enviarle ordenes para algún cambio deseable se ejecute. El equipo de telemetría cuenta con diversos tipos de sensores instalados en varios cientos de puntos de prueba, que miden cantidades tales como voltajes, corrientes, presiones, posición de interruptores y temperatura, etc.. Las lecturas tomadas por lo sensores son convertidas en una señal digital que el satélite transmite hacia la Tierra con una velocidad baja, entre 200 y 1000 bits por segundo, y esta información permite conocer el estado de operación del sistema satelital, apoyada por la información de rastreo. El rastreo se efectúa mediante la transmisión de varias señales piloto, denominadas tonos, desde la estación terrena de control hacia el satélite.

h) Subsistema de Estructural

La estructura del satélite es la armazón que sostiene a todos lo equipos que lo forman y que le da la rigidez necesaria para soportar las fuerzas y aceleraciones a las que se ve sujeto desde el momento en que abandona la superficie de la Tierra; este importante subsistema debe ser durable, resistente y lo mas ligero posible.

Satélites Solidaridad

Este sistema de satélites consta de 2 naves espaciales del tipo de estabilización de 3 ejes, del Modelo 601 de la cia. Hughes Aircraft Co. , y en su subsistema de comunicaciones cuenta con las bandas C, Ku y L, con coberturas nacionales e internacionales.

La banda C, esta compuesta por el mismo numero de transpondedores que los satélites Morelos, es decir, 12 de 36 Mhz y 6 de 72 Mhz. Además 8 de los 12 transpondedores angostos pueden tener cubrimiento regional.

La banda Ku fue rediseñada totalmente, teniendo 16 transpondedores de 54 Mhz, con reuso de frecuencias.

La banda L es una nueva banda en la que operan los satélites Solidaridad, la cual es usada para comunicaciones móviles.

Se ofrecen servicios de comunicaciones en la banda C, Ku y L para México. En adición los servicios en la banda C se extienden a Centro y Sudamérica y los de la banda Ku a las ciudades mas importantes de los EUA

PROPAGACIÓN DE LAS SEÑALES Y LAS COMUNICACIONES DIGITALES POR SATÉLITE

Los satélites de comunicaciones, en una órbita geoestacionaria, se encuentran aproximadamente a 36000 km., por lo tanto la señal tiene que viajar esa distancia, reflejándose en un retardo en el tiempo de propagación de la señal, lo cual constituye una desventaja. El tiempo de propagación de la señal es aproximadamente de 270 mseg; de una estación terrena a otra. En un enlace telefónico vía satélite el usuario espera la respuesta un tiempo extra de 540 mseg., lo cual no sucede en una comunicación terrestre.

El retardo puede tener serios efectos en la transmisión de datos vía satélite. Se puede decir que los satélites son eficientes para transmisión de datos, si los protocolos funcionan Full Duplex como es el caso de HDLC, SDLC, etc.

Por otra parte, la comunicación digital presenta numerosas ventajas tales como: la fácil y eficiente multiplexión de numerosas señales o el mejor manejo de paquetes para su correcta conmutación, la relativa insensibilidad de los circuitos digitales a la retransmisión de ruido, facilidad para lograr tasas de error bajas y una alta fidelidad de información mediante técnicas de detección y corrección de errores.

Para un enlace satelital de transmisión de datos, una tasa típica de bits en error (BER) es de 1×10^{-7} (en enlaces terrestres es de 1×10^{-5}). En una transmisión de datos, los bits en error aparecen generalmente en forma aleatoria, mientras que en enlaces terrestres a menudo se presentan en ráfagas, siendo mas difícil su detección y corrección.

FEC (Forward Error Correction)

La evaluación de un sistema de comunicaciones digital es a través de la relación de la energía por bit a la densidad del ruido (E_b/N_0) requerido, para obtener un BER (Bit Error Rate) en particular.

El valor de E_b/N_0 puede ser reducido con el uso de códigos de corrección de errores y mantener fijo el mismo BER. El código de corrección de errores puede reducir la potencia requerida, pero cambia la información de los bits, en una secuencia de símbolos (codificación), los cuales necesitan un incremento en el ancho de banda, si la misma modulación es usada. El sistema del receptor final, mediante técnicas de descodificación, recobra la información y remueve los errores causados por el ruido.

El código mas popular usado en las aplicaciones satelitales, es el código FEC. Una proporción usada en el FEC es $R=1/2$, lo cual significa que para cada bit de información, saldrán dos bits del codificador. Para una información de una velocidad de 4.8 kbps (R), la velocidad en el codificador será de 9.6 kbps(R_c). No obstante, hay que hacer notar que al reemplazar un bit por dos, se incrementa el ancho de banda requerido por un factor de dos.

Otra proporción generalmente usada es $R=3/4$. Es decir que para cada tres bits de información, saldrán 4 bits del codificador FEC.

PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS EN LAS COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

A continuación se definen las pérdidas por propagación entre una antena transmisora y otra receptora asumiendo que el medio de transmisión es el vacío.

Además de las pérdidas por propagación en el espacio libre, las ondas de radio usadas para las comunicaciones satelitales son influenciadas por la atmósfera baja (troposfera) y la ionosfera. A frecuencias de unos cientos de Mhz, el ruido cósmico, la atenuación ionosférica y la cintilación atmosférica son los factores más significativos. A frecuencias por arriba de los 10 Ghz, el efecto de atenuación, el ruido inducido por los gases de la atmósfera y la lluvia llegan a ser significativos.

Efectos de la Atmósfera

En primer lugar esta la atenuación por absorción, debida a los gases atmosféricos. Las moléculas de oxígeno y agua en la atmósfera tienen líneas de absorción para las diferentes longitudes de onda, de las ondas de radio transmitidas. El ancho del espectro de estas líneas de absorción son mayores en las capas bajas de la atmósfera por el incremento de la presión.

Además de la absorción, los gases atmosféricos también trabajan como una fuente de radiación de ruido térmico, y así deterioran la calidad de las comunicaciones satelitales.

El ruido con clima despejado, es expresado en términos de la temperatura de ruido equivalente, la cual es llamada temperatura del ruido del cielo.

Si un rayo emitido se propaga en el espacio libre donde no hay atmósfera, por definición, la trayectoria del rayo es en línea recta. Sin embargo, si el rayo emitido se propaga a través de la atmósfera

terrestre, se encontrara con variaciones en el índice de refracción atmosférico a través de su trayectoria, lo que causara que el rayo se llegue a curvar. Los gases atmosféricos absorben y dispersan la energía de la trayectoria de las ondas. La cantidad de absorción y dispersión están en función de la frecuencia y de la altitud sobre el nivel del mar.

La propagación de un rayo emitido entre una estación terrena y un satélite, experimenta una curvatura causada por la alta variación de la refractividad.

Atenuación por Lluvia

La atenuación de las ondas de radio, propagándose a través de la lluvia son debido a la absorción y la dispersión que sufren las ondas de radio por las gotas de lluvia. Como en el caso de los gases atmosféricos, la absorción de las ondas de radio por las gotas de lluvia, también contribuyen al ruido térmico, el cual afecta el desempeño de la estación terrena. Este es el ruido por la lluvia.

Efectos de la Ionosfera

El límite inferior usado en el espectro de radio frecuencia para comunicaciones satelitales está determinado por la frecuencia crítica de la ionosfera; (es decir que no reboten las señales en la ionosfera); luego entonces, las frecuencias por encima de la banda UHF son usados para este propósito. Aunque las ondas de radio, en esta región de frecuencias no son reflejadas por la ionosfera, si son influenciadas por el efecto Faraday, la cintilación ionosférica, la absorción, las variaciones en el retardo de propagación y en la variación del ángulo incidente. Puesto que estos efectos decrecen rápidamente con el aumento de la frecuencia, solo la rotación Faraday y la cintilación ionosférica son de mayor interés, a frecuencias en la región de las microondas mayores. En muchos casos, la cintilación atmosférica emerge de la región F de la ionosfera, la cual se extiende de 200 km. a 400 km. sobre la tierra.

DISEÑO DE UN ENLACE SATELITAL

El diseño de un sistema de comunicaciones satelital es un proceso complejo, involucra el compromiso de muchos factores, para obtener al máximo desempeño y con un costo aceptable.

Para empezar se tiene que escoger una banda de comunicaciones en el espectro radioelectrico.

En general, podemos decir que es mas fácil y mas barato el uso de frecuencias bajas en el rango de Ghz y donde las condiciones atmosféricas y climatológicas no sean tan severas. Sin embargo, el ancho de banda es limitado y la interferencia es mas probable, ya que estas frecuencias (6/4 Ghz), son usadas frecuentemente en sistemas terrestres.

La banda de frecuencias de 6/4 Ghz, fue la de mayor uso en los primeros quince años de comunicaciones satelitales; esto es debido a que ofrece bajos problemas en la propagación de las señales.

Un sistema de comunicaciones debe estar diseñado para conocer con acierto el mínimo desempeño standard, con limitaciones en la potencia transmitida y el ancho de banda de RF. La función mas importante es la relación señal a ruido (S/N) en el canal de información.

La relación señal a ruido (S/N) en un canal de banda base depende de un numero de factores, tales como: la relación portadora a ruido (C/N) de la RF o la señal IF en el receptor, en el tipo de modulación usado para montar la señal en banda base sobre la portadora y la IF y el ancho de banda en el canal de banda base en el receptor son los mas importantes.

TÉCNICAS DE MULTIPLEXAJE Y MODULACIÓN PARA ENLACES SATELITALES

Las comunicaciones satelitales pueden portar señales de voz, datos y vídeo. Los datos siempre son transmitidos digitalmente, pero las señales de voz pueden ser analógicas o digitales. La tv digital es usada para sistemas de videoconferencia, donde el ancho de banda es reducido; aunque hay marcadas tendencias a la digitalización y compresión, pero la tv comercial aun es analógica.

Un enlace satelital normalmente transmite muchas señales desde una estación terrena, estas deben de ser separadas para evitar interferencia entre ellas. Esta separación es llamada multiplexaje y las formas mas comunes son el Multiplexaje por División de Frecuencia (FDM) y el Multiplexaje por División de Tiempo (TDM).

En el primer caso la señal pasa a través del transpondedor en diferentes frecuencias, en el segundo entra en diferentes tiempos. Teóricamente cualquier técnica de multiplexaje puede ser usada con modulación analógica o digital, pero TDM es mas fácil de implementar con modulación digital y FDM es mas conveniente con modulación analógica.

Transmisión Digital

La modulación digital, obviamente es escogida para transmisiones de señales satelitales, que se originan en forma digital y que son usadas por equipos digitales. Ejemplos familiares son la transmisión de datos entre computadoras y terminales, entre otras. Señales analógicas tales como canales telefónicos y de televisión, pueden ser puestas en forma digital, transmitidas y después regresadas a su forma analógica. Este proceso puede ser costoso en términos de ancho de banda pero usualmente ofrece una mejora en el desempeño del ruido y aumenta la inmunidad a la interferencia. La transmisión digital se presta naturalmente a la Multiplexión por División de Tiempo (TDM). Las señales analógicas que son

transmitidas digitalmente pueden compartir canales, con los digitales.

Una señal digital en banda base, se puede representar como una transmisión serial de unos y ceros lógicos.

En un sistema de comunicaciones de radiofrecuencia que transmite datos digitales, un parámetro de la onda de RF debe ser variada; es decir, modulada para llevar la información en banda base. La selección más popular de modulación para un sistema de comunicaciones digital vía satélite es la modulación en fase (PSK). La transmisión pasa bandas (o de radiofrecuencia) de datos digitales, difiere de la transmisión en banda base solo porque se requiere la modulación de una onda de RF. La onda de RF modulada es demodulada en el receptor para recobrar el flujo de datos en banda base.

Modulación y Demodulación Digitales

Cualquier característica de una señal (amplitud, frecuencia o fase) puede ser modulada digitalmente, pero la modulación en fase es casi universalmente usada para satélites.

Por razones históricas la modulación digital en fase es llamada PSK (Phase Shift Keying). Una modulación de N fase PSK, pone la fase de una portadora en uno de los N estados, de acuerdo al valor de un voltaje modulado. Dos estados o bifase PSK es usualmente llamado BPSK y cuatro estados es llamado QPSK. Otro número de estados y algunas combinaciones de modulación en amplitud y fase son posibles y son empleados en enlaces terrestres. Una razón importante del uso de la modulación en fase es el alto valor del C/N requerido, para un aceptable BER (Bit Error Rate).

El tiempo de transición, más el tiempo empleado en una fase deseada, constituyen un intervalo de tiempo fijo llamado periodo de un símbolo; la forma de onda transmitida durante el intervalo es

llamado un símbolo. El grupo de todos los símbolos para un tipo de modulación particular es llamado su alfabeto. Luego entonces, la modulación BPSK tiene un alfabeto de dos símbolos y QPSK un alfabeto de cuatro símbolos.

Además, la figura de mérito para un enlace digital de radio es su BER. Matemáticamente esto es la probabilidad de que un bit enviado sobre un enlace se reciba incorrectamente; es decir, que un uno se reciba como un cero o viceversa. El BER es un indicador de la calidad de un sistema digital de comunicaciones, así como la relación señal a ruido (S/N) lo es para un enlace analógico.

En la modulación BPSK un bit y un símbolo equivalen a lo mismo, mientras que en la modulación QPSK dos bits equivalen a un símbolo.

Por lo tanto la modulación QPSK puede ser vista como una multiplexión digital que combina dos señales BPSK con portadoras ortogonales. La modulación y demodulación QPSK es básicamente una modulación y demodulación de canal dual en BPSK.

ACCESO MÚLTIPLE

El acceso múltiple es la habilidad de que un gran número de estaciones terrenas se interconecten simultáneamente con sus respectivos enlaces de voz, datos, tv, etc. a través del satélite.

Los satélites usualmente dividen toda la banda disponible de frecuencia en varias subbandas (transpondedores), los cuales son amplificados independientemente. El acceso al transpondedor puede ser limitado por una estación terrena a la vez o muchas portadoras de RF pueden ser permitidas simultáneamente. En un satélite ambas condiciones pueden ser encontradas; es decir, en un transpondedor solo lleva una simple portadora (como un canal de tv o una troncal telefónica) y otro maneja multiportadoras (como canales de datos para terminales).

Un satélite de comunicaciones geoestacionario posee una característica sobresaliente que le permite el acceso múltiple con facilidad. Con respecto al sistema de modulación, el acceso múltiple puede ser clasificado en tres categorías: a) Acceso Múltiple por División de Frecuencia (Frequency Division Multiple Access, FDMA) b) Acceso Múltiple por División de Tiempo (Time Division Multiple Access, TDMA) y c) Acceso Múltiple por División de Códigos (Code Division Multiple Access, CDMA).

También pueden ser clasificados en términos de la asignación de circuitos en: a) Pre-Asignación (Pre-Assignment Multiple Access, PAMA), b) Asignación por Demanda (Demand Assignment Multiple Access, DAMA) y c) Acceso Aleatorio (Random Multiple Access, RMA).

En el acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), todos los usuarios comparten el satélite (transpondedor) al mismo tiempo, pero cada transmisión en su propia y única banda de frecuencia. Esto es comúnmente empleado con modulación

analógica, donde las señales están presentes todo el tiempo. En el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), los usuarios transmiten en turnos en su propia y única ranura de tiempo. La naturaleza inherente de la transmisión TDMA, la hace particularmente atractiva para la modulación digital. En el acceso múltiple por división de códigos (CDMA), muchas estaciones terrenas transmiten simultáneamente códigos ortogonales de espectro expandido. Estas señales ocupan la misma banda de frecuencias. El sistema decodificador recibe las transmisiones combinadas de muchas estaciones y recobra una de ellas.

En los tres esquemas clásicos de acceso múltiple, algunos recursos son compartidos. Si la proporción asignada de cada estación terrena es fijada por adelantado, el sistema se llama acceso fijo (FA) o acceso preasignado (PA). Si el recurso está asignado como una necesidad, en respuesta a una condición del cambio de tráfico, el arreglo del acceso múltiple es nombrado acceso por demanda (DA).

Pero hablando estrictamente solo existe el acceso por la asignación de circuitos; es decir los accesos PAMA, DAMA y RMA.

Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)

En un sistema satelital de FDMA (figura #6) cada portadora ascendente es asignada a una banda de frecuencia dentro del ancho de banda de RF disponible en el satélite.

En el transpondedor del satélite, el espectro de frecuencias de RF entrante es trasladado a frecuencias descendentes. Cada portadora puede ser independientemente modulada, ya sea analógica o digitalmente. El sistema FDMA representa la forma más simple de acceso múltiple y en el mercado de las comunicaciones la tecnología del sistema requerido y el hardware son fácilmente disponibles.

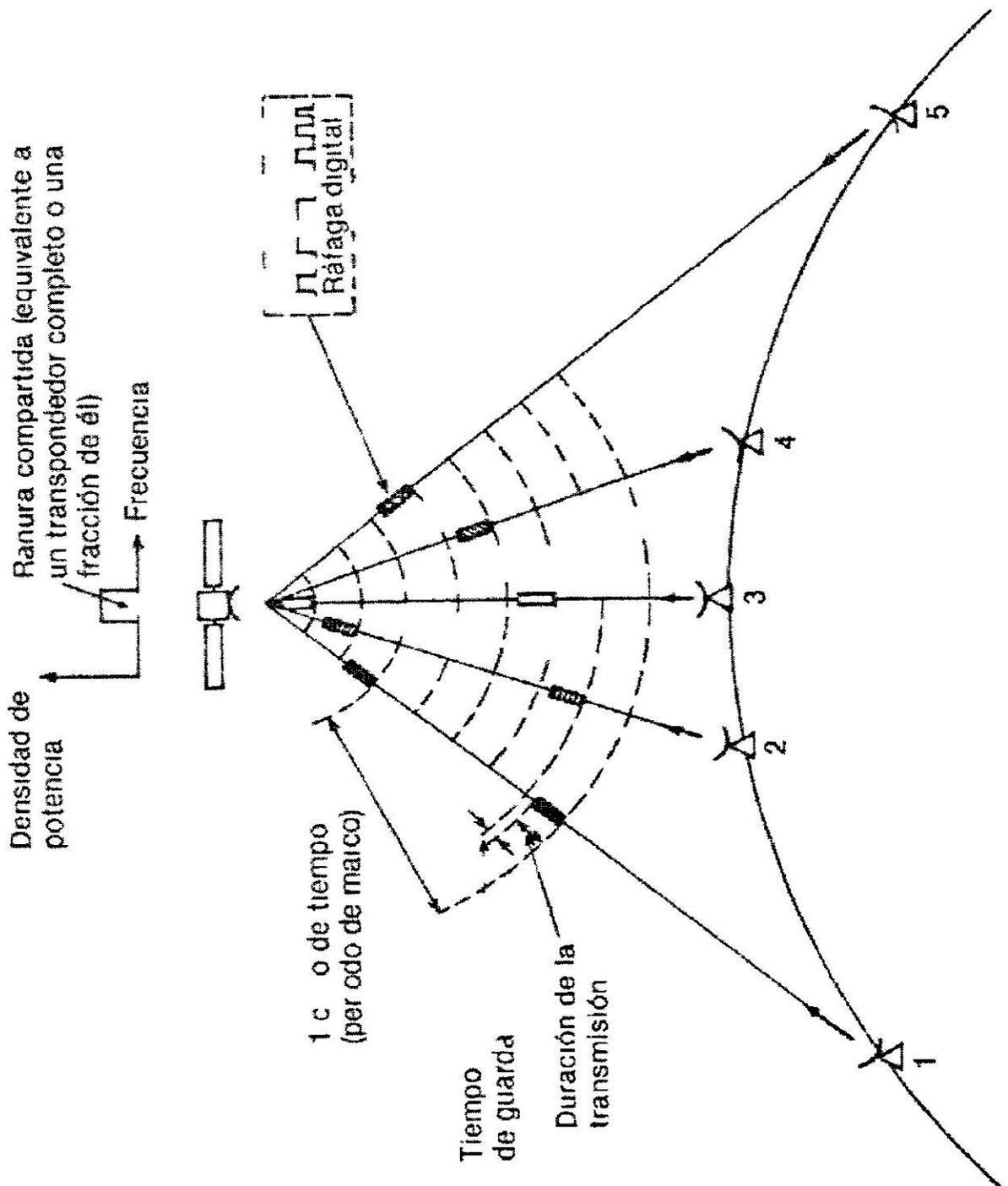


Figura 6 Red de cinco estaciones terrenas que comparten una misma ranura de frecuencias en un transpondedor mediante acceso múltiple por división en el tiempo con asignación fija y tiempos iguales por estación. Todas las estaciones transmiten su ráfaga digital a la misma frecuencia en forma secuencial.

Cada portadora ascendente puede originarse por separado en una estación terrena o varias portadoras en particular pueden ser transmitidas por una estación en particular. La selección en la banda de frecuencias puede ser fija o asignada. En la operación de frecuencias fijas, cada portadora es asignada a una banda de frecuencia dedicada en el enlace ascendente y ninguna otra portadora utiliza esa frecuencia. En el acceso múltiple por demanda (DAMA), las bandas de frecuencia son compartidas por varias portadoras, con una banda en particular asignada el tiempo necesario, dependiendo de la disponibilidad. El sistema DAMA puede servir para un gran número de portadoras, si el tiempo de uso de cada una es relativamente corto.

El espectro individual de las portadoras de RF en un sistema, deben estar lo suficientemente separadas una de otra, para que ambas puedan ser filtradas en la estación del enlace descendente y así prever las interferencias entre las portadoras (es decir, que las frecuencias del espectro de una portadora caen en la banda de la otra portadora). Sin embargo, excesiva separación causa un consumo inútil del ancho de banda del satélite. Para determinar el espacio apropiado entre portadoras, la potencia de la interferencia debe ser calculada. Por ejemplo para una portadora (SCPC) de 64 khz, se necesita un ancho de banda de 200khz y para una portadora de 128 khz se necesita un ancho de banda de 400 khz; con un FEC de 1/2 y en BPSK.

La capacidad de una portadora esta determinada por el ancho de banda disponible y por la relación portadora a ruido (C/N) disponible a la entrada del demodulador de la estación receptora.

Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)

En el TDMA (figura #7) a través del satélite, las portadoras ascendentes son separadas en tiempo, en vez de frecuencia. En lugar de asignar bandas de frecuencia, cada portadora ascendente esta asignada a un intervalo de tiempo prescrito, en el cual

Densidad de potencia ↑
 Ranura compartida (equivalente a un transpondedor completo o una fracción de él) →
 Frecuencia →

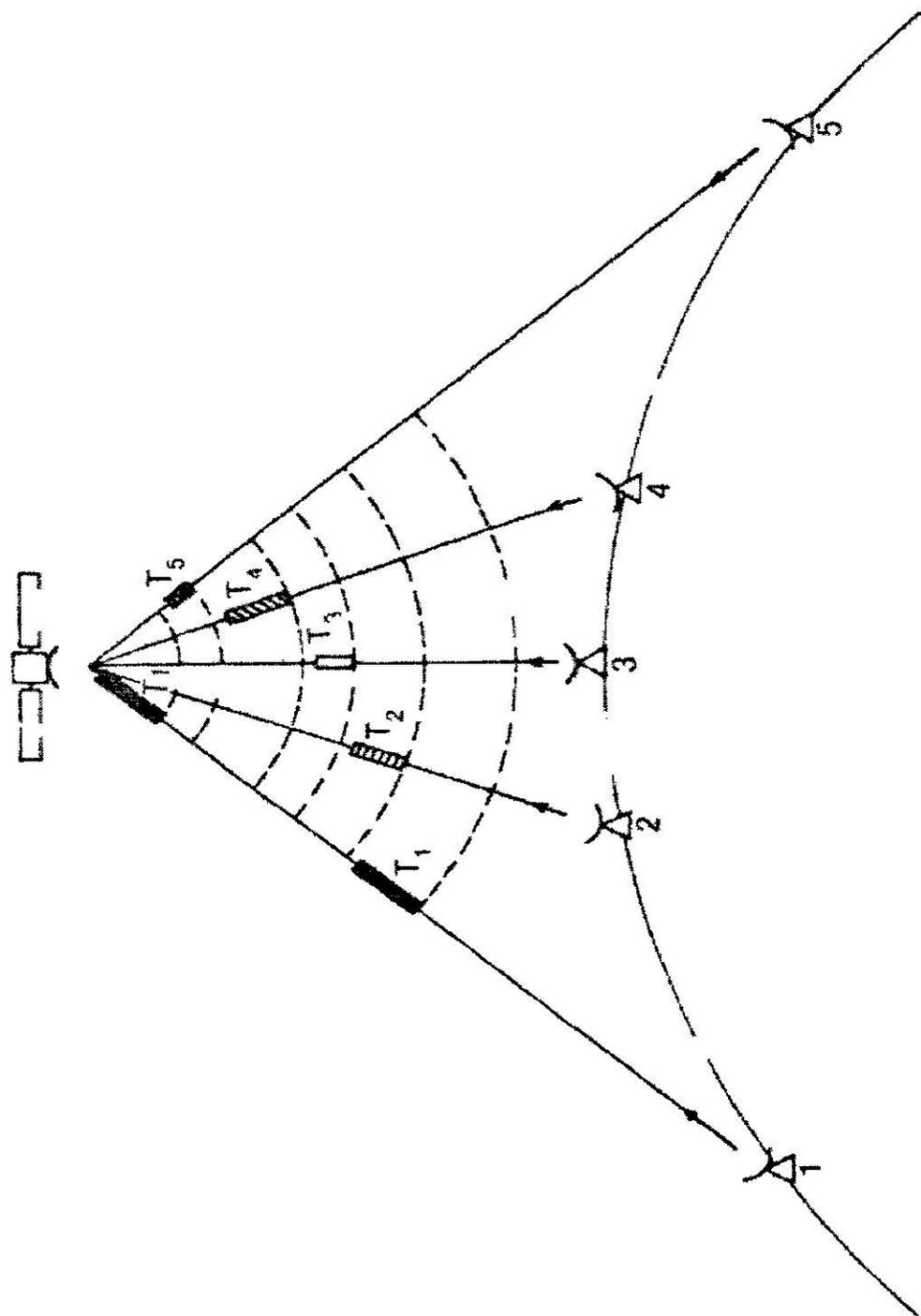


Figura 7 Red de cinco estaciones terrenas que comparten una misma ranura de frecuencias en un transpondedor mediante acceso múltiple por división en el tiempo con asignación fija y tiempos T desiguales por estación. Todas las estaciones transmiten su ráfaga digital a la misma frecuencia en forma secuencial.

transmitirá, a través del satélite. Durante este intervalo, una estación en particular tiene el uso exclusivo de el satélite y solo la transmisión del enlace ascendente es procesado por el satélite para el enlace descendente.

Esto significa que cada portadora usa la misma frecuencia de portadora y hace uso enteramente del ancho de banda del satélite durante su intervalo, no ocurriendo intermodulación ni supresión de portadora y el amplificador del satélite puede estar operando en saturación, consiguiéndose la máxima potencia de salida. Así, el enlace descendente en TDMA siempre opera en completa saturación del satélite. Sin embargo, el sistema TDMA debe tener todas las estaciones terrenas propiamente sincronizadas en tiempo, de modo que pueda transmitir a través del satélite solo durante su intervalo determinado, sin interferir con el intervalo de la otra estación. Este tiempo de sincronización entre el satélite y todas las estaciones terrenas es llamado sincronización de la red. El enlace descendente de la estación terrena, desea recibir la transmisión de un enlace ascendente en particular, debe entrar en las señales del satélite durante el intervalo de tiempo apropiado. Esto significa que la estación terrena, ya sea que transmita o reciba, debe ser parte de la sincronización de la red.

Puesto que puede haber varios usuarios en el satélite en el sistema TDMA, cada uno deseando establecer un enlace de comunicaciones aproximadamente en tiempo real, el tiempo total de transmisión debe ser compartido entre todos los usuarios. Así, el intervalo de tiempo de cada estación debe ser relativamente corto y repetitivo en periodos regulares. Este tipo de ráfagas cortas de operación periódica son las mas adecuadas para operación digital, donde cada estación transmite ráfagas de bits de datos durante su intervalo. Sin embargo el sistema TDMA usando transmisión digital requiere que todas las antenas receptoras deban obtener la sincronización del decodificador por una ranura de tiempo.

A cada estación con un enlace ascendente, se le asigna una ranura de un grupo de ranuras contiguas de tiempo y el grupo de todas las ranuras de tiempo forman una estructura de tiempo del transpondedor. Se asume que solo un transpondedor del satélite está operando. Durante estructuras sucesivas cada estación transmisora tiene su propia ranura específica.

Idealmente todas las portadoras del enlace ascendente deben operar aproximadamente a la misma velocidad de datos. Un arreglo de estaciones con una amplia variedad de velocidades de datos de bits, en una estructura común, requiere de estaciones con buffer y almacenamiento. Puede en consecuencia ser más ventajoso, proveer varios canales del transpondedor TDMA por separado, con estaciones de aproximadamente la misma velocidad, agrupados en una estructura común.

La clave para la operación TDMA es la sincronización de la red. Misma que se logra con el reloj del sistema, el cual lo adaptan todas las estaciones juntas de transmisión y recepción. Teóricamente, si cada estación transmisora conoce su rango preciso al satélite, la sincronización de la red puede ser conseguida por un simple reloj maestro usado todo el tiempo en las estaciones terrenas.

Acceso Múltiple por División de Códigos (CDMA)

El CDMA (figura #8) es un esquema bajo el cual, el número de usuarios en promedio ocupan todo el ancho de banda del transpondedor todo el tiempo. Sus señales son codificadas de modo que la información de un transmisor individual puede ser detectada y recobrada solo por la estación receptora adecuada, que sabe el código usado. Esto provee la descentralización de una red satelital, ya que solo el par de estaciones que están comunicándose necesitan coordinar sus transmisiones.

Sujetas a la limitación de potencia del transpondedor y la restricción práctica de los códigos en uso, las estaciones tienen un tráfico que les permite acceder al transpondedor en demanda, sin coordinarse con su frecuencia (como en FDMA) ni con su ranura de tiempo (como en TDMA), ni con cualquier mando central. Cada estación receptora tiene su propio código el cual es llamado su dirección (address), y una estación transmisora simplemente modula su transmisión con la dirección adecuada del receptor propuesto, siempre con el deseo de enviar un mensaje al receptor.

En CDMA no se intenta hacer la sincronización, ni el alineamiento de los intervalos de los bits, por lo tanto varias portadoras del enlace ascendente operan independientemente. Cada estación activada, simplemente envía su portadora modulada direccionada a través del satélite en el enlace ascendente. Un receptor terrestre obtendrá otra vez el bit de la dirección de la portadora deseada, del enlace ascendente en orden para detectarlo coherentemente.

La dirección digital es obtenida por el generador de códigos que produce una secuencia periódica de símbolos binarios. El domicilio de la estación genera continuamente ciclos a través de su secuencia de dirección, la cual es añadida en la portadora, junto con los datos. La dirección superpuesta en la moduladora del enlace ascendente, produce un ancho de banda mayor que el generado por una sola modulación. Este ensanchamiento del espectro de la portadora ha causado que el sistema CDMA sea conocido también como Sistema de Acceso Múltiple por Ensanchamiento del Espectro (Spread Spectrum Multiple Access, SSMA).

Mientras el propósito del sistema de ensanchamiento del espectro (SS) es completamente diferente del sistema CDMA, las dos técnicas son idénticas. En adición, el sistema CDMA es más favorecido para un ambiente de comunicaciones para tácticas militares, donde muchos pequeños grupos de estaciones móviles se

comunican brevemente en intervalos irregulares, que en comparación, con un ambiente comercial donde un gran volumen de tráfico pasa continuamente entre un número pequeño de locaciones fijas. Por esta razón no se adopta el CDMA para un sistema de satélites comerciales.

Acceso por asignación de Circuitos

PAMA (Acceso Múltiple Pre-Asignado)

El Acceso Múltiple Pre-Asignado es la mejor asignación para servicios punto a punto o para la radiodifusión doméstica (como la tv o radio y la distribución de datos), quienes no requieran hacer cambios muy a menudo. En el último caso, la asignación puede llegar a ser permanente si un gran número de receptores de estaciones terrenas únicamente de recepción de canal fijo han sido desplegados, por el inconveniente en hacer un cambio a cada una de los cientos o miles de estaciones terrenas. La asignación puede ser Pre-Asignada o Fija en frecuencia, tiempo o código.

DAMA (Acceso Múltiple por Demanda)

Considerando un sistema TDMA (ejemplo) de tráfico de voz; en el cual, las llamadas de la estación terrena A son multiplexadas en 96 canales, subdivididas en cuatro de 24 canales para ser recibidas por cuatro estaciones remotas W, X, Y y Z, respectivamente.

Si los 24 canales con destino a la estación terrena W están ocupados, y si una nueva llamada entra, el teléfono recibirá una señal de ocupado aunque los 72 canales restantes estén libres. Este resultado da una pobre utilización de la capacidad de transpondedores del satélite.

Para mejorar la eficiencia, la capacidad de la estación terrena debe ser asignada por demanda cuando una nueva llamada entra. Esto significa que es posible establecer una llamada si hay un canal desocupado en la estación terrena A. Además la capacidad de los

transpondedores del satélite debe ser asignada de acuerdo al tráfico de las estaciones; esto es, que la capacidad de la estación terrena pueda variar y acoplarse con el tráfico.

Este eficiente método de uso, solo cuando la demanda aumenta, es llamado Acceso Múltiple de Asignación por Demanda (Demand Assignment Multiple Access, DAMA). Se distinguen las técnicas DAMA usándola con TDMA (DA-TDMA) y DAMA con FDMA (DA-FDMA).

En cualquier sistema DAMA la función más importante es la capacidad de levantar una llamada. El método por el cual esta función es manejada, ilustra la diferencia más significativa entre los conceptos de dicho sistema, los cuales son: control centralizado y control distribuido.

En un sistema de control centralizado, la estación maestra asume la responsabilidad de asignar los circuitos disponibles (dos canales), requeridos para establecer una llamada entre dos estaciones de tráfico; la estación de control maestro debe primero censar el tráfico antes de iniciar una llamada. Entonces debe localizar la estación de destino a la cual la llamada es direccionada, determinar la disponibilidad de los canales, asignar un par de canales, y dejar que las dos estaciones se accesen una a la otra a través del satélite. La estación del control maestro también determina cuando una llamada es terminada, para poder liberar el circuito y así poder retornar el par de canales, de este modo, hacerlos disponibles para una nueva llamada o demanda.

En un sistema de control distribuido no hay una estación de control maestro. Toda estación de tráfico asume un control igual concerniente al control de la red. La estación hace un asignamiento de canales por ellos mismos, mediante una señalización de canal común.

RMA (Acceso Múltiple Aleatorio)

Los sistemas de acceso preasignado trabajan mejor cuando la cantidad de tráfico que está pasando es relativamente constante entre un número pequeño de estaciones. El acceso por demanda llega a ser más atractivo cuando una red debe llevar tráfico cuyo volumen, orígenes y destinos son altamente variables. El acceso por demanda requiere del empleo de un encabezado para el control del sistema. Este encabezado reduce la capacidad total del transpondedor. Si el tráfico involucrado consiste de una ráfaga corta de datos que ocurre al azar, entonces el encabezado del control del sistema puede ser eliminado para permitir a cada estación transmitir a voluntad. Algunas transmisiones se perderán por interferencia y podrán ser repetidas, en forma aleatoria, si no llega un reconocimiento positivo.

El clásico ejemplo del tráfico apropiado para un acceso aleatorio es el que se tiene entre un computador central y una terminal interactiva, ya que la terminal del usuario gasta más tiempo buscando en la pantalla información y en teclear datos, pero nada es transmitido hasta que se oprime la tecla de entrar (enter). El usuario espera a que el computador central le responda y el retardo ocasionado en la transmisión requerida para repetir la ráfaga perdida no será notada.

Métodos como este son comúnmente llamados sistemas de radio paquete o de difusión de paquetes, puesto que los paquetes de datos son involucrados. El primer sistema de paquetes fue operado por la Universidad de Hawai y por esta razón este tipo de esquema de acceso aleatorio es llamado un canal ALOHA (Additive Links on Hawaiian Area).

En un sistema satelital, cada estación terrena puede oír su propio paquete repetido por el satélite y así puede determinar si una retransmisión es necesaria sin esperar por un reconocimiento de la dirección. La probabilidad de una colisión durante una retransmisión puede ser reducida por la estación, mediante la

generación al azar de un número para determinar el tiempo de espera antes de la retransmisión. Esto disminuye la probabilidad de que los mismos dos paquetes choquen una segunda vez.

A aquellos paquetes en los que las estaciones escuchan a una portadora (es decir, una transmisión), y actúan en consecuencia, se les llama protocolos de portadora.

El protocolo de detección de portadora es el CSMA (Acceso Múltiple por Detección de Portadora) derivado del sistema ALOHA. Cuando una estación desea enviar alguna información, primero escucha al canal para saber si alguien está transmitiendo; si el canal está efectivamente ocupado, la estación espera hasta que queda libre. Cuando la estación detecta un canal libre, empieza a transmitir la trama. Si llega a ocurrir una colisión, la estación espera durante un intervalo de tiempo aleatorio, para después empezar todo de nuevo.

El retardo de propagación tiene un efecto muy importante en el comportamiento del protocolo. Existe una pequeña posibilidad de que, justo después de que una estación empiece a transmitir, otra estación llegue a estar lista para hacerlo y escuche el canal; si la señal correspondiente a la primera estación todavía no ha alcanzado a la segunda, esta última detectará un canal desocupado y también empezará a transmitir, dando como resultado una colisión. Cuando mayor sea el retardo de propagación, más importante llegará a ser este efecto y, por consiguiente, el protocolo tendrá un rendimiento deficiente.

TECNOLOGÍA DE ESTACIONES TERRENAS

Una estación terrena es cualquier sistema transmisor o receptor que envía señales o recibe señales de un satélite. La estación terrena puede estar localizada en un barco en altamar o en un avión y aun así es llamada estación terrena, puesto que forman la base terrena final de un enlace espacio-tierra.

Una estación terrena puede ser generalmente dividida en un sistema de antena, de transmisión y/o de recepción. El sistema de antena consiste de un reflector, un alimentador, un mecanismo de manejo, un equipo de rastreo, etc. Un sistema transmisor consiste de un número muy pequeño de canales de transmisión en banda angosta (transmisor en banda base, modulador y convertidor de subida), amplificador de alta potencia (HPA), y un combinador de potencia y/o un switch. Un sistema de receptor consiste de un amplificador de bajo ruido (LNA), un divisor de potencia y un número de canales receptores en banda angosta (convertidores de bajada, demodulador y una unidad de distribución en banda base). La configuración de un sistema de comunicaciones para una estación terrena específica, esta determinada por varios factores; tales como el número de portadoras transmitidas y recibidas, la cantidad de redundancia, la capacidad de crecimiento futuro etc.

Sistema de Antenas

La antena de una estación terrena es el punto de entrada y salida de las transmisiones de radio. Debe de transmitir la potencia al satélite eficientemente y al mismo tiempo alimentar la débil señal proveniente del satélite al receptor. Una antena con mucha ganancia es generalmente usada. La estación terrena también debe ser dirigible para que siempre pueda capturar el rayo del satélite. La congestión reciente de los circuitos de radio hacen particularmente importante que la antena de comunicaciones satelital sea robusta a las interferencias hacia y desde otro sistema satelital o de un sistema de radio terrestre. En particular la antena

juega un papel vital que, a menudo, determina la operación funcional del sistema por si mismo.

Además, los alimentadores de la antena están clasificados en: 1) Alimentador cónico, 2) Alimentador piramidal; de acuerdo a la forma de su abertura.

Varias clases de antenas reflectoras se utilizan, con aplicaciones y características diferentes. Dichas antenas se clasifican de acuerdo a su estructura geométrica en: del tipo simétricas y del tipo asimétricas (offset).

Característica de los Lóbulos Laterales

Los lóbulos menores generados fuera de la dirección del eje o sea los fuera del lóbulo principal son llamados lóbulos laterales.

Es necesario suprimir los lóbulos laterales a un nivel lo mas bajo posible, porque, pueden ser una fuente de interferencia hacia y desde otro sistema de comunicaciones satelital y/o un sistema de comunicaciones terrestre. El CCIR requiere que los lóbulos laterales sean mas bajos, según la norma CCIR 580-1 para cumplir con espaciamiento de 2 grados entre satelites adyacentes en la órbita geoestacionaria, que tenga la misma banda.

SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Una característica importante de las comunicaciones espaciales es la gran perdida de la señal debido a la gran propagación de las ondas de radio. La señal debe ser amplificada a la transmisión para compensar esta perdida; jugando aquí un papel importante, dentro del sistema de transmisión el Amplificador de Alta Potencia (HPA).

La estación terrena debe poder transmitir una o mas portadoras simultáneamente. Hay dos sistemas bien conocidos los cuales multiplican muchas portadoras: Uno es el sistema común de

amplificación usando un HPA y el otro es un sistema de amplificación individual, en el cual varias portadoras son amplificadas por HPA's independientes con comparativamente baja potencia de salida y las señales de salida de estos amplificadores individuales son mezclados a través de un combinador de potencia.

Sistema de Amplificación Común

Un circuito de control de Nivel Automático (Automatic Level Control, ALC), es empleado por cada portadora para evitar fluctuaciones en los niveles de amplificación de las portadoras transmitidas. Esto es porque múltiples portadoras son amplificadas comúnmente por un HPA después de ser unidas por el combinador de transmisión. El circuito ALC consiste de un detector de la potencia transmitida por el HPA, el detector de la potencia de salida y un controlador de la potencia transmitida, hacia el control del nivel de la portadora transmitida en la entrada del HPA.

Las facilidades de comunicaciones instaladas en el control y en los HPA's en la antena son conectados por un enlace de transmisión de inter-facilidad. Tal configuración es adoptada en muchas estaciones terrenas grandes. El amplificador de tubo de ondas progresivas (traveling wave tube, TWT) es usado como HPA en estos sistemas.

Sistema de Amplificación Individual

Este sistema usa HPA's individuales correspondiendo a cada portadora y, las salidas de las señales de estos amplificadores se unen en un combinador de tipo híbrido. Un combinador convencional del tipo híbrido sufre una pérdida de potencia de -3 db cada vez que dos señales de entrada son combinadas. La pérdida por la combinación, en un convertidor del tipo filtro, están por abajo de 1 db, para este tipo; teniendo el inconveniente de una banda muerta limitada en la banda de la frecuencia de transmisión.

El sistema de amplificación individual requiere bastante ancho de banda angosta para cada HPA. Esto permite el uso de tubos klystron, los cuales son menos caros que el TWT.

A pesar de su complicada construcción, su gran consumo de potencia y su costo, el TWT es ampliamente usado en muchas estaciones terrenas por su cobertura de la banda de 500 Mhz. Al contrario, el amplificador klystron es frecuentemente utilizado con un TWT, por su simple construcción, su bajo gasto de potencia y su bajo costo; aunque su aplicación es restringida, debido a su característica de banda angosta.

El TWT, es el amplificador de potencia ideal para estaciones terrenas grandes, puesto que permite la transmisión de varias portadoras simultáneamente con un simple tubo, con independencia de los repetidores y asignación de frecuencias a estas portadoras.

Los amplificadores klystron son tubos instantáneos para banda angosta: unos 40 Mhz para un klystron de 6 Ghz y 80 Mhz para uno de 14 Ghz. Estas bandas son suficientes para la portadora de modulación en frecuencia (modo FDMA) pero pueden ser inadecuadas para portadoras con modulación en fase y código digital (modo TDMA). En cualquier caso, un klystron generalmente vincula el uso de un amplificador por cada una de las portadoras transmitidas.

SISTEMA DE RECEPCIÓN

En un sistema receptor, mucho del interés en las comunicaciones espaciales implica superar el efecto de la gran pérdida en la potencia de la señal. El amplificador de bajo ruido (Low Noise Amplifier, LNA) juega un importante papel.

Los parámetros mas importantes a ser tomados en consideración en la configuración del LNA son la temperatura del ruido y la característica del nivel de salida en saturación. Por lo tanto, es absolutamente necesario que la temperatura del ruido de la primer

etapa en el LNA, sea bastante bajo; comparado con la siguiente etapa de amplificación. También es necesario hacer que el producto de intermodulación en el LNA sea pequeño, que el nivel de salida de saturación de el amplificador debe de estar hecho por lo menos a 20 db mas grande que el nivel de salida de la señal activa.

VSAT (Very Small Aperture Terminal)

Aquí se describe y analiza el medio de transporte llamado red satelital VSAT, el cual ha llegado a ser importante en comunicaciones de voz y datos para larga distancia y baja densidad. La madura y dispuesta tecnología VSAT disponible, ofrece muchos beneficios y ventajas sobre las redes convencionales terrestres, incluyendo su bajo costo de operación, fácil de instalar y montar, soporte de multiservicios, facilidad de brindar servicios en lugares donde el costo de líneas es exorbitante en comunicaciones y la integración de un gran número de VSAT's dentro de una simple red para proveer una expansión a costo efectivo para pequeños o grandes sistemas.

Cuando las pc's fueron introducidas, eran usadas principalmente como estaciones de trabajo independientes para aplicaciones tales como procesador de palabras u hoja de calculo. Entonces explota el mercado con la demanda de aplicaciones de proceso distribuido, la cual crea la capacidad de interconectar la pc's (Redes de Área Local LAN y Redes de Área Amplia WAN) vía las facilidades de comunicaciones, tales como la red telefónica, la red de switcheo de paquetes publico y la red VSAT. Para aplicaciones de negocios de bajo costo, tales como la transferencia de datos en venta, autorización de créditos en línea, computadoras interactivas, correo electrónico, etc., hay pocas alternativas que puedan rivalizar a la tecnología VSAT. Una de las ventajas de las redes VSAT sobre las redes terrestres es su habilidad para proveer una comunicación punto-multipunto con una amplia gama de velocidades, substancialmente a bajo costo.

Las redes VSAT también proveen la flexibilidad de un crecimiento adecuado a las necesidades; así como su habilidad para enlazar muchas terminales remotas vía una estación central que maneja enteramente la red estrella. La red estrella es extremadamente

flexible y puede proveer conexiones de un solo salto o de dos saltos.

En la conexión de un solo salto, los datos son intercambiados entre las VSAT's remotas y la estación central. En la conexión de doble salto, las VSAT's remotas se accesan una a otra a través de la estación central. La conexión directa entre VSAT's remotas también puede ser posible bajo el control de la estación central, si la suficiente potencia es recibida por el satélite y si se cuenta con la capacidad de retransmitir la señal. La estación central también sirve como un switch para interconectividad de redes y ruteo de trafico. De este modo la estación central provee las funciones de proceso y switcheo no disponibles por un satélite repetidor clásico.

Otra aplicación potencial para la tecnología VSAT es la interconexión de redes de área local LAN, geográficamente distantes, las cuales tienden a proliferarse cada vez mas. Las VSAT's pueden ser usadas como compuertas para enviar o recibir estructuras de datos de las LAN's. Las estructuras LANs pueden ser tratadas como datos por las redes VSAT, siendo transportadas por los protocolos del enlace. Dependiendo del diseño, los errores en las estructuras pueden o no ser resueltos por los protocolos del enlace, ya que el retardo de la propagación de la señal en un sentido (aprox. 250 mseg. para VSAT); comparado con los pocos microseg. de las LANs, y porque es posible que el enlace inter LAN-VSAT sea punto a punto; mientras que el enlace LAN es de acceso múltiple; por lo que los protocolos de enlace serán diferentes.

Hacer el enlace transparente para el protocolo es esencial para cualquier red VSAT.

Para conseguir un bajo costo en las VSAT's remotas se requiere no solo antenas con un plato pequeño, sino también transmisores de baja potencia. Por lo tanto, las redes VSAT son inherentemente

limitadas en potencia. Típicamente las técnicas de modulación son BPSK o QPSK. Para el flujo de tráfico, el TDMA y SCPC son el esquema mas popular para el acceso múltiple. El uso de SSMA es otra alternativa para mitigar el efecto de la intermodulación y la interferencia. Para trafico entrante, el acceso aleatorio como el ALOHA es usado para acomodar un gran numero de VSAT's remotas. Para una red estrella, SCPC y TDM parecen ser el multiacceso apropiado.

