

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA:

HORACIO DE LEON HERNANDEZ

ASESOR:

ING. FERNANDO ESTRADA SALAZAR

CD. UNIVERSITARIA

OCTUBRE DE 1998

T
TK510
L46
1998
C.1

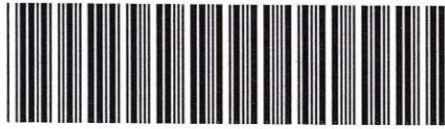
T

TK5104

L46

1998

C.1



1080096964

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA:

HORACIO DE LEON HERNANDEZ

ASESOR:

ING. FERNANDO ESTRADA SALAZAR

CD. UNIVERSITARIA

OCTUBRE DE 1998

X
TK5104
246
1998



INDICE

Pag.

I - Introducción	1
II – Desarrollo de las Comunicaciones	2
III – Historia de los Satélites de Comunicación	6
IV – Satélites de Comunicación	11
V – Principios de La Comunicación Por Satélite	12
VI – Ventajas de la Comunicación Vía Satélite	13
VII – Diversidad de los Satélites	15
VIII – El Enlace de Comunicaciones	17
IX – Espectro de Radiofrecuencia Para los Satélites	19
X – Estructura y Funcionamiento de un Satélite	20
X.1- Subsistemas de Antenas	
X.2 – Subsistema de Comunicaciones	
X.3 – Subsistema de Energía Eléctrica	
X.4 – Subsistema de Control Térmico	
X.5 – Subsistema de Posición y Orientación	

X.6 – Subsistema de Propulsión

X.7 – Subsistema de Rastreo y Telemetría

X.8 – Subsistema de Estructura

XI – Acceso Múltiple y Asignación de Frecuencia 33

XI.1 – Asignación de Frecuencia

XI.2 – Acceso Múltiple por División de Frecuencia

XI.3 – Acceso Múltiple por División en el tiempo

XI.4 – Acceso Múltiple por Diferenciación de Código

X.5 – Acceso Múltiple por Diferenciación en el tiempo con
Modulación en el Satélite

XII - Intelsat 40

INTRODUCCION

El hombre ha desarrollado las computadoras hasta superar con amplitud la fase de la señal física. Buena parte de ello son los lenguajes, el servicio de correos, los libros, el telégrafo, el teléfono, televisión, etc.

Los descubrimientos e invenciones han permitido un mundo de las comunicaciones en masa. Hoy en día es común que dos personas situadas en puntos opuestos de la tierra conversen.

Uno de los resultados obtenidos apartir de los programas espaciales es la llegada de los satélites artificiales. La llegada de estos aparatos electrónicos complejos y el desarrollo de estos han modificado la forma de vida de la población mundial. Gracias a este desarrollo se conoce con mas precisión los recursos naturales de la tierra, los fenómenos meteorológicos, las distancias se han acortado y se puede intercambiar todo tipo de información, y mas halla de las capas atmosféricas podemos observar y comprender el universo.

La comunicación por satélite es una vigorosa industria global que ha tenido un tremendo crecimiento en los últimos treinta años. Muchos sistemas satelitales, internacionales, regionales y domésticos están supliendo exitosamente, voz, datos, televisión y otros servicios convencionales. Nuevas ideas están siendo introducidas constantemente para aumentar las capacidades de los nuevos sistemas y ofrecer nuevos servicios, tales como comunicación personal a través de unidades portátiles en cualquier parte del mundo.

DESARROLLO DE LAS COMUNICACIONES

Es de suponer que, al principio del hombre se comunicó con su prójimo muy sencillo, con una mueca, un gruñido o una sonrisa expresando la mayor parte de sus sentimientos, esta capacidad de comunicarse le amplió el horizonte y los conocimientos, ya que por medio de señales se podía advertir acerca de algún peligro, indicar donde podía encontrar alimento, pedir auxilio.

El ser humano ha emitido señales sonoras desde que se dio cuenta que el sonido se desplaza mucho más rápido y cómodamente de lo que él podía recorrer. Se ignora cuando y como el hombre aprendió a hablar.

Para comunicarse a distancia se valían primero de tambores, señales de humo, después por medio del brillo de los espejos, semáforo de lámpara y el cohete de señales.

Hasta el siglo XIX el correo era lo que imperaba. A pie, a caballo o en barco, era quien llevaba los mensajes a larga distancia. Porque los sistemas de señales, se limitaban al alcance de la vista o el oído.

La tecnología se adelantó al correo y las comunicaciones han sufrido una revolución a consecuencia de los impulsos eléctricos y las ondas de radio.

La era de las comunicaciones eléctricas se inició en 1837, cuando Samuel Morse inventó el telégrafo, los mensajes se enviaban a través de un cable. Unos treinta años después Cyrus W. Field y otros ingenieros coronaron con éxito la empresa de tender un cable telegráfico submarino entre los Estados Unidos e Inglaterra, cruzando por Terranova e Irlanda.

Otro paso en el campo de las comunicaciones por cable se dio cuando los hombres de ciencia inventaron el teletipo o telégrafo impresor, para enviar y recibir mensajes telegráficos.

El paso siguiente se cifro en enviar la voz a través de cable. El primer hombre que lo consiguió fue Alexander Graham Bell, en 1876. Su aparato lograba la transformación de la palabra en impulsos eléctricos, que se propagaban por un cable. El primer cable telefónico submarino se instaló en 1956.

Guillermo Marconi siguió en 1895 con la radio, y en 1901 logro que las primeras señales de radiotelegrafía atravesaran el Atlántico. Las primeras emisiones publicas de radio empezaron en 1920, que durante treinta años fueron la principal fuente de entretenimiento. A fines de la década de 1940, la situación cambio al aparecer la televisión.

La primera voz cruzo los mares en 1915, con ayuda de la marina de guerra de los Estados Unidos, el Sistema Telefónico Bell hizo ese año ensayos venturosos con una conexión de radio y teléfono entre Honolulu, Washington D.C. y París.

El servicio comercial de radioteléfono se estableció en 1927 entre Europa y América Latina y AL Lejano Oriente.

El radioteléfono podía viajar en todo el mundo, pero tenia defectos, principalmente en la recepción a causa de las condiciones atmosféricas. La respuesta parecía allarse en un cable submarino. Sin embargo, fue necesario un adelanto tecnológico para instalar en el cable péquenos repetidores suficientemente dignos de confianza para que duraran veinte años para requerir atención. Tal cosa se logro en 1956.

En 1927, fue el primer año de servicio comercial en el que se realizaron 11,000 llamadas transoceánicas. En 1961, el volumen había aumentado a mas de 4 millones de llamadas, y el aumento prosiguió a razón de cerca de del veinte portento al año.

Las barreras comerciales caen y el comercio internacional se encuentra en ascenso. Se hace inevitable la transmisión de televisión intercontinental y de datos de computadoras de alta velocidad, entonces se observa la necesidad de mas canales de comunicación, capaces de incrementar la cantidad de información transmitida en forma segura y eficiente.

Podemos dividir los sistemas de operatividad intercontinental en dos grupos:

- 1.- Enlaces Radioelectricos : Onda Corta y Microonda
- 2.- Enlaces por Línea Física

Consideramos primero la radiocomunicacion por onda corta, que solo puede proporcionar un numero limitado de canales, debido a la estrechez del espectro utilizable y que el la actualidad ya esta saturado. Además, estos enlaces están afectados por factores aleatorios ya que dependen de la ionosfera. También debemos considerar que admiten interferencias y bloqueo como así mismo la presencia de un importante nivel de ruido.

Dentro de los medios radioelectricos debemos considerar los enlaces por microondas, las cuales se encuentran en el espectro de frecuencias comprendido entre 3Mhz a 300Mhz.

Los enlaces de microondas constituyen un medio de gran confiabilidad y capaz de manejar muchos canales, pero no es factible su empleo en enlaces intercontinentales, ya que estas se mandan de una estación de relevo a otra , según este procedimiento: una estación capta las microondas , las enfoca en un haz estrecho y las envía a una siguiente estación, por lo cual es imposible instalar estaciones repetidoras con características que ellos exigen, en medio de los océanos.

Los enlaces de línea física, son los cables submarinos de banda ancha, muy seguros, que resultan ser un sistema eficaz, pero una solución

parcial entre Estados Unidos y Europa, con derivaciones en Alaska, Hawai y otros lugares.

La extensión de este medio es solo una función del costo y del tiempo, resultando casi imposible prolongarlos al Africa, Asia y otros puntos.

De todo lo anterior surge otra alternativa y la cual consiste en establecer las comunicaciones mediante el uso de repetidores situados fuera de la tierra y mas allá de la misma atmósfera. Dichos objetos, conocidos con el nombre de satélites, permiten la accesibilidad de las comunicaciones a cualquier parte del mundo.

La utilización de satélites, hace factible el uso de las microondas en cuanto a confiabilidad y capacidad, entre dos puntos situados sobre la superficie terrestre, agregándose a esto la ventaja que significa la necesidad de poseer solo una estación terrena en una determinada zona, para enlazar esta, a través del satélite. El costo de explotación de un canal resulta independientemente de la distancia existente entre dos estaciones terrenas que estén dentro de la zona de acción de un mismo satélite.

Se concluye que la historia de las telecomunicaciones es el reflejo de gran aventura humana.

HISTORIA DE LOS SATELITES DE COMUNICION

En 1945, Artur C. Famoso escritor británico de ciencia ficción, sugirió en una de sus publicaciones (2001 Odisea del Espacio) 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 moviesen. Con tres satélites espaciados 120° se podría cubrir prácticamente toda la superficie de la tierra, ya Clarke considero la posibilidad de que las señales pudieran ser transmitidas entre satélites.

Las reflexiones el la luna aplicando las técnicas de radar fueron repetidamente demostradas en los finales de los 40s e inicio de los 50s. En julio de 1945 el primer mensaje de voz fue transmitido para la marina de los Estados Unidos, mediante el trayecto Tierra- Luna.

En 1956 un servicio relevador lunar de marina de los Estados Unidos, fue establecido entre Washington D.C. y Hawai. El circuito opero hasta 1962, ofreciendo una comunicación de larga distancia digna de confianza limitada solamente por la disponibilidad de la Luna en los sitios de transmisión y recepción. La potencia usada fue 100Kw, con antenas de 26 metros de diámetro a 430Mhz.

Un globo metálico puesto en órbita por un cohete, puede ser usado como un reflector de ondas electromagnéticas generadas por un transmisor terrestre. Parte de la energía puede ser recibida por estaciones receptores en algún punto sobre la tierra, desde el cual el globo es visible, obteniendo de este modo un sistema pasivo de comunicación por satélite.

A través de la acción de los laboratorios Bell, la NASA y la JET Propulsión, el proyecto ECHO fue realizado. El satélite cuya forma era un globo, tenia diámetro de 30 metros y estaba cubierto naylor con lamina de aluminio. Su órbita era circular inclinada y de altitud de cerca de 1500 Km.

En 1960 se logro la transmisión de telefonía, gracias al sistema FM en la banda de radiofrecuencia de 960 Mhz y 2290 Mhz.

Aunque los satélites pasivos tienen capacidad infinita para comunicaciones de acceso múltiple, son gravemente obstaculizados por el uso ineficiente de la potencia transmitida. Puesto que la señal se ve afectada por el ruido que llega desde varias fuentes, para compensar esto, se debe utilizar en el receptor un amplificador de bajo ruido.

La ventaja de los satélites pasivos, es que no requieren equipo electrónico sofisticado a bordo. Se usaba para rastreo, radiofaro. Tal simplicidad, mas la carencia de electrónica espacial en los 50s, hizo interesante el sistema pasivo en los primeros años de la comunicación por satélite.

Una vez que la electrónica espacial llega a estar disponible los sistemas pasivos fueron remplazados por sistemas activos.

Rusia lanzo el Sputnik I, el 4 de Octubre de 1957, lo que dio inicio a la carrera espacial ya que el SCORE (Signal Communicating by Orbiting Relay Equipment) lanzado el 18 de Diciembre de 1958 por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, el cual fue colocado en una órbita elíptica baja con un perigeo de 182 Km. y un apogeo de 1048 Km. y un periodo de 101 minutos. Su modo normal de operación consistía en grabar el mensaje enviado desde la tierra mientras pasaba sobre una estación terrena. La longitud máxima del mensaje era de cuatro minutos y su capacidad era de un canal de voz o 70 canales de teletipo de 60 palabras por minuto recibiendo señales desde las estaciones terrenas a 150 Mhz y retransmitiendo a 132 Mhz.

El equipo de comunicaciones estuvo energizado con baterías. Después de doce días de operación estaban completamente descargadas y se detuvo la transmisión.

Después de indagar por primera vez en el espacio con los satélites SPUTNIK, EXPLORER Y VANGUARDIA, incluyendo los proyectos SCORE Y CURIER el mayor paso experimental en tecnología de satélites de comunicaciones activos, se realiza con los proyectos TELSTAR, RELAY y el SYNCOM.

El proyecto TELSTAR fue capaz de retransmitir programas de televisión a través del Atlántico. El primer TELSTAR, se lanzó de cabo cañaveral el 10 de Julio de 1962. Era una esfera de aproximadamente 87 cm de diámetro que pesaba 80 Kg.

El TELSTAR II se construyó con una mayor resistencia a la radiación, se lanzó el 7 de mayo de 1963. La potencia de estos era de 2.25 watts proporcionada por un tubo de ondas progresivas (TWT) con un ancho de banda de 50Mhz. A 6 y 4 Ghz. Ambos fueron de estabilidad por giro. La capacidad de comunicación era de 600 canales telefónicos o un canal de T.V.

El TELSTAR se diseñó como un experimento y no fue destinado para operación comercial. Entre otras cosas, la órbita usada hizo al satélite visible solamente por periodos breves.

Los Estados Unidos han desempeñado un papel muy importante desde el principio en cuanto se refiere al campo de las comunicaciones por satélite, pero la URSS también lanzó en mayo de 1965 su primer satélite de comunicación: MOLINILLA de órbita elíptica con un apogeo de 39152 Km. Y un periodo de 11 horas con 38 minutos.

El primer satélite geoestacionario comercial fue el INTELSAT 1 desarrollado por Comsat para Intelsat. Lanzado en Abril 6 de 1965 permaneció activo hasta 1969. Su rutina de operación entre Estados Unidos y Europa empezó en Julio 28 de 1965. Operó con dos transponders de 25 Mhz de ancho de banda con su portadora ascendente centrada en 6301 Mhz para Europa y 6390 Mhz para Estados Unidos. Las frecuencias

descendientes eran de 4081 Mhz para Estados Unidos y 4161Mhz para Europa.

PRIMEROS SATELITES EXPERIMENTLES Y COMERCIALES DE COMUNICACIONES

NOMBRE	FECHA DE LANZAMIENTO	ALTITUD DE LA ORBITA INICIAL (Km.)	SERVISIOS
SCORE	18 de Dic de 1960	182 a 1040	Voz y telegrafía Y Transmisión De mensajes Grabados
COURIER1-A	18 de Ag. de 1960	No entro en órbita Exploto el vehículo	
COURIER1-B	4 de Oct. de 1962	943 a 1234	Voz, telégrafo y teléfono
TELSTAR	10 de Jul de 1962	954 a 5638	T.V.,voz, tele- grafo, teléfono datos y
RELAY	3 de Dic de 1962	1318 a 7422	transmisiones entre los E.U y Europa Occ. y Sud América
SYMCOM	13 de Feb de 1963	34227 a 36973	y Japón

TELSTAR11	7 de May de 1963	972 a 10803	Similar al Telstar1
SYNCOM11	26 de Jul. de 1963	35792 a 35804	Voz, telégrafo, datos y teléfono transmisiones entre E.U., Europa Occ. y Africa.
RELAY11	21 de Ene de 1964	2132 a 7404	Similar a Relay1
SYNCOM111	19 de Ag. de 1964	35781 a 35796	Voz y T.V.
EARLY BIRD	6 de Abr. de 1965	35787 a 35796	Similar a Syncom 111 (comercial entre E.U y Europa)
MOLINIYA	23 de Abr. de 1965	497 a 39380	T.V. , Voz y Telegrafía

El numero de sistemas de comunicaciones operando y proyectados a futuro crece tan rápidamente que es difícil resumirlos en un listado, de echo en la actualidad hay gran diversidad de satélites orbitando en la tierra prestando diferentes servicios, por ejemplo: comunicaciones. Observaciones meteorológicas, experimentación, vigilancia, etc.

SATELITES DE COMUNICACION

DEFINICION.

Desde el punto de vista de las comunicaciones, un satélite es una repetidora en el rango de las microondas puesta en el espacio. Retransmite o releva lo que recibe de la tierra constituido por varios canales repetidores (transponders).

El satélite recibe la señal proveniente de la tierra en la banda llamada up-link y la regresa en la banda down-link produciéndose un retardo de aproximadamente .26segundos.

La utilización del satélite hace factible el uso de las microondas con las ventajas inherentes a las mismas en cuanto a capacidad agregándose a esto la ventaja que significa el poder utilizar una sola repetidora para enlazar dos puntos situados a distancias considerablemente grandes en lugar de una red de 30 o mas repetidoras. Ya que el satélite permite el salto de los océanos para lograr la comunicación intercontinental de alta capacidad.

Aunque la comunicación vía satélite nació como una necesidad para comunicar lugares muy distantes, hoy en día se utiliza para comunicar lugares situados en el mismo continente y aun mas dentro de un mismo país.

PRINCIPIOS DE COMUNICACIÓN POR SATELITE

En general, todos satélites artificiales funcionan bajo el mismo principio de operación y constan de varias partes comunes, independientemente de su objetivo en órbita alrededor de la tierra. Desde luego que si hay alguna diferencia que son fundamentales, pero de cualquier forma todos por ejemplo, una buena cantidad de celdas solares para alimentarse de energía, antenas para transmitir su información a diferentes partes del planeta y de también para poder recibir instrucciones o cualquier otro tipo de señales desde ellos, así como medios de propulsión para corregir su órbita, posición u orientación con respecto a la tierra.

Las condiciones para que un satélite guarde su órbita geostacionaria son las siguientes:

- 1.- La órbita debe ser circular
- 2.- La órbita debe ser ecuatorial
- 3.- La altura sobre el nivel del mar debe ser 35788 Km.
- 4.- El satélite debe desplazarse en el mismo sentido de rotación de la tierra.

Al cumplirse estas condiciones se logra un periodo de 24 horas, lo cual aunado a la órbita ecuatorial alrededor del mismo eje de rotación de tierra permite la sincronización (de ahí el nombre de satélites sincronos) y por lo tanto, la órbita geostacionaria. Dicho periodo de 24 horas es deducido de las ecuaciones de Keppler que anuncia lo siguiente:

$$P_o = \frac{4 (\pi)^2 (R+h)^3}{\mu}$$

Donde:

- P_o = periodo orbital (seg)
- R = radio de la tierra (m)
- h = altura del satélite (m)
- μ = constante de Keppler ($3.99 * 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$)

La cual se deriva de los criterios del equilibrio entre las fuerzas centrífuga y de la atracción gravitatoria. Una vez en órbita el satélite será gobernado por las leyes de la mecánica espacial la cual rige el movimiento de los planetas y de nuestros satélites artificiales. Una vez que el satélite se fija en su posición, es necesario estabilizarlo y corregir su posición constantemente ya que existen fuerzas externas que se encargan de moverlo. Los subestimas de propulsión son los encargados de realizar estas maniobras. Los motores de maniobra y los motores de orientación son alimentados con combustibles que operan propulsores químicos; el mas utilizado es la hidracina monopropelente aunque la tendencia apunta la utilización de sistemas bipropelentes, (con dos propelentes distintos: un combustibles y un oxidante). De echo, es este el combustible el que determina la vida útil del satélite, el cual tiene un promedio de vida útil de 10 años.

VENTAJAS DE LA COMUNICACIÓN VIA SATELITE

- SIMPLIFICACION DEL SISITEMA
- MAYOR CALIDAD
- MAYOR CONFIABILIDAD
- ALTA CAPACIDAD
- VENTAJAS SOCIALES

SIMPLIFICACION DEL SISTEMA

Debido a su gran altura (aprox. 36000Km.) se tiene la línea de vista entre el satélite y cualquier estación terrena que este dentro de su área de cobertura la cual puede ser hasta de un 40% del total de la superficie terrestre con solo un satélite. Esto reduce los costos tanto económicos como técnicos ya que se minimizan las estaciones terrenas que forman las redes de microondas.

MAYOR CALIDAD

Debido a que cualquier proceso electrónico degrada la señal transmitida al agregar ruido, se considera una gran ventaja el manejar señales a través de una sola repetidora la cual constituye una sola fuente de ruido y no tener fuentes de ruido como se tendrían en una red de microondas terrena.

MAYOR CONFIABILIDAD

El tener una sola repetidora reduce también la posibilidades fallas a una sola lo cual hace mas confiable el sistema ya que el control de calidad en la fabricación de un satélite cuenta con normas mas estrictas lo que permite la seguridad del funcionamiento del satélite durante su vida útil.

ALTA CAPACIDAD

Debido a la necesidad de las señales de atravesar las diferentes capas atmosféricas para llegar al satélite, es necesario que las transmisiones y recepciones se efectúen en el rango de las microondas por lo que se tiene un ancho de banda mucho mayor y la capacidad de información manejada es por lo tanto mayor en una comunicación vía satélite.

VENTAJAS SOCIALES

En la actualidad, por medio de los satélites se puede tener acceso a información de lugares remotos e inaccesibles por otros medios lo cual permite la comunicación entre toda la superficie.

DIVERSIDAD DE LOS SATELITES

A continuación mostramos una clasificación de los satélites desde que se inicio esta rama de la ingeniería.

1.- DE ACUERDO A SU PRINCIPIO DE OPERACIÓN

Podemos clasificar a los satélites en pasivos y activos, de acuerdo a su principio de operación. Consideremos a un satélite como pasivo si actúa solamente como superficie reflectora y activo si involucra un proceso electrónico en el satélite (grabación, reproducción, amplificación, cambio de frecuencia, etc.).

2- DE ACUERDO A SU APLICACION

Podemos clasificar a los satélites en dos grupos: civiles y militares. Dentro de los civiles podemos incluir los de comunicaciones, los meteorológicos, los de investigación, etc. Nuestro interés en este texto se centrara en los de comunicaciones.

3.- DE ACUERDO A SU ORBITA

Por su órbita los podemos clasificar e geoestacionarios y no geoestacionarios. Como ya mencionamos, los satélites geoestacionarios son aquellos que permanecen fijos con respecto a la tierra, es decir, visto desde la tierra, aparecería como un punto fijo en el cielo. Un satélite no geoestacionario aparecería siempre en movimiento con respecto a la tierra, un ejemplo de esto seria la luna.

En general podemos decir que los sistemas de comunicaciones vía satélite requieren de una órbita geoestacionaria por las ventajas que esto implica:

a) Al permanecer fijo el satélite con respecto a la tierra no es necesario rastrear el movimiento para orientar la antena, es decir, una vez que se localiza el satélite y se orienta la antena, esta permanecerá fija, factor que gravita preponderadamente en el costo de seta estación terrena.

b) Una vez orientada la antena se dispondrá del satélite todo el tiempo, ya que este permanece fijo, lo que permite la continuidad del sistema las 24 horas del día, condición necesaria en un buen sistema de comunicaciones.

4.- DE ACUERDO A SU COBERTURA

Clasificaremos los satélites de acuerdo a su cobertura en globales domésticos. Un sistema será global cuando su transmisión cubra todo el espacio sobre la superficie terrestre, de acuerdo a la línea de vista desde el satélite. En la practica hasta un 43% de la superficie de la tierra desde un satélite geoestacionario. Un satélite será de cobertura domestica cuando su transmisión cubra solo una área específica que puede ser grande o pequeña según sean los requerimientos (por ejemplo un país).

Algunos autores nos mencionan otros tipos de satélites según su cobertura. Si ponemos atención, estos tipos de satélites salen de los tipos antes mencionados (global y domésticos).

A contiunacion mencionaremos estos otros tipos.

- A) Satélites internacionales.- Para servicios de comunicaciones de continente a continente.
- B) Satélites domésticos o regionales .- Para comunicación sobre áreas geográficas limitadas.
- C) Satélites barco a base.- Para comunicaciones móviles desde y hacia los barcos.
- D) Satélites de enlace directo (DBS).- Para enlazar directamente programas de televisión desde un satélite hacia una televisión casera

EL ENLACE DE COMUNICACIONES

Los satélites en general, tienen como finalidad retransmitir las señales enviadas desde la tierra (señal up-link), para retornarlas en otra banda de frecuencias (señal down-link).

Para establecer un sistema vía satélite, se requiere contar con una estación terrena transmisora, un satélite de radiocomunicaciones y una estación terrena receptora, integrados según la recomendación CCIR (Rec-352-1), del circuito hipotético de referencia como a continuación se describe:

ESTACION TERRENA TRANSMISORA

- Acometida de la señal a transmitir (entrada de banda base)
- Modulador
- Convertidor de subida (V/C, up converter)
- Amplificador de alta potencia (HPA, high power amp)
- Antena, lado de transmisión.

La señal de información (telefonía, televisión, información digital, etc.), es recibida por el equipo transmisor del satélite en tierra, una vez que se a agrupado adecuadamente mediante la multiplexion, en la forma de señal banda base (B.B.) para ser alimentada al modulador. Este modulador opera a una frecuencia estándar de 70 Mhz llamada frecuencia intermedia (F.I.) la cual es modulada en frecuencia por banda base. La señal FI (modulada), es posteriormente elevada al rango de las microondas, en el convertidor de subida para luego ser amplificada en el HPA con la finalidad de conseguir el suficiente nivel para que la señal llegue al satélite con potencia suficiente.

La señal de microondas es alimentada a la antena la que se encarga de concentrar toda la energía dirigiéndola hacia el satélite.

SATELITE DE RADIOCOMUNICACIONES

- Antena de lado de recepción
- Amplificador de bajo nivel de ruido (LNA)
- Convertidor de frecuencia (traductor de banda)
- Amplificador de potencia (HPA)
- Antena de lado de transmisión

Al llegar la señal al satélite, es captada por la antena de recepción la cual alimenta a un amplificador de bajo nivel de ruido (LNA) el que amplifica la microonda para luego, en el convertidor, bajar su frecuencia al rango de la banda Down-Link. Una vez trasladada la antena de transmisión. Esta antena, en ocasiones, es la misma que la de recepción.

ESTACION TERRENA RECEPTORA

- Antena de lado de recepción
- Amplificador de bajo nivel de ruido (LNA)
- Convertidor de bajada (D/C down converter)
- Demodulador
- Entrega de la señal banda base

En la estación terrena receptora, la señal es recogida por la antena, alimentada al LNA donde se amplifica con un bajo nivel de ruido, alimentada al convertidor de bajada donde la señal es convertida del rango de las microondas a la frecuencia intermedia (70 Mhz), para luego ser recuperada la información en el demodulador. La señal a la salida del demodulador es la información en la forma de banda base.

ESPECTRO DE RADIOFRECUENCIA PARA LOS SATELITES

Banda	Enlace Ascendente (Ghz)	Enlace Descendente (Ghz)
C: 6/4 Ghz	5.925-6.425 (500 Mhz)	3.7-4.2 (500 Mhz)
	5.875-7.75 (1225 Mhz)	3.4-4.2 4.5-4.8 (1100Mhz)
X: 8/7	7.925-8.425 (500Mhz)	7.250-7.750 (500Mhz)
Ku: 14/11 Ghz	14-14.5 (500Mhz)	10.950-11.2 11.450-11.7 (500Mhz)
	12.750-13.250 14.00-14.500 (1000Mhz)	10.7-11.7 (1000Mhz)
14/12 Ghz	14.000-14.500 (500Mhz)	11.700-12.200 (500Mhz)
Ka: 30/20 Ghz	27.500-31.000 (3500Mhz)	17.700.21.200 (3500Mhz)

ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UN SATELITE

Un satélite es sistema muy complejo y dedicado, integrado por varios subsistemas, cada uno de ellos es igualmente importante, pues su probable falla podría causar la inutilidad parcial o total del conjunto.

X.1 SUBSISTEMA DE ANTENAS

Las antenas reciben las señales de radiofrecuencia provenientes de las estaciones terrenas transmisoras y las envían de regreso a la tierra concentradas en un haz. Los elementos de alimentación (alimentadores), son generalmente antenas de corneta conectadas a guías de onda que emiten energía hacia un reflector parabólico.

Las antenas son el puerto de entrada y de salida de ese mundo electrónico que es el interior del satélite, son la interfase o etapa de transformación entre las señales electromagnéticas que viajan por el espacio y las señales que circulan dentro de varios de sus subsistemas.

Cuando mas alta sea la frecuencia a la que una antena de dimensiones constantes trabaje, mayor es su concentración de energía.

La dimensión eléctrica de una antena es igual a la dimensión física dividida entre lo que mide la longitud de onda a la frecuencia de operación. Hasta ahora se ha hecho referencia las antenas del satélite cuya función es intercomunicar distintos puntos geográficos, recibir y transmitir las señales de conversaciones telefónicas, programas de televisión o información digital de empresas, bancos, etc. Pero existe otro tipo de antena muy importante. Se trata de la antena de telemetría y comando encargada de

recibir las señales que contienen ordenes emitidas por el centro de control en la Tierra, para que se efectúe alguna corrección a bordo.

X.2 SUBSISTEMAS DE COMUNICACIONES

Conceptos Generales

Las señales de comunicación recibidas por el satélite (telefonía, televisión e información digital) recibidas por el satélite entran a través de sus antenas y las cuales se encargan de retransmitir la información después de procesarla.

Los principales pasos del proceso son amplificar las señales a un nivel de potencia adecuado, así como cambiarlas de frecuencia, para que salgan por el conjunto de antenas sin interferir con las señales que estén llegando simultáneamente. El subsistema de comunicaciones realiza estas funciones mediante filtros, amplificadores, convertidores de frecuencia, conmutadores y multiplexores.

A la trayectoria completa de cada repetidor, comprendiendo todos los equipos desde la salida de la antena receptora hasta la entrada de la antena transmisora se le da el nombre de “transponder”, o sea que el subsistema de comunicaciones consta de muchos transponderes, y su número depende del diseño del sistema.

Este subsistema al igual que el de las antenas es de mayor interés para ya que se planifica el uso del satélite, es decir se asignan las trayectorias o transponderes en lo que deben de ir los diferentes servicios, con sus correspondientes niveles de potencia, así como el espacio que deben ocupar dentro de cada amplificador.

Al rango de frecuencias que hay entre la frecuencia mas alta y la mas baja de las que transmiten se le denomina ancho de banda. El ancho de banda de un satélite usual es de 500Mhz.

El primer dispositivo electrónico importante que se encuentran las señales recibidas por la antena es un amplificador de bajo ruido, con poca potencia de salida, este aparato genera internamente muy poco ruido, que se suma a las señales originales que entran a el para la amplificación. Todos los dispositivos electrónicos generan ruido, principalmente su calentamiento.

La primera etapa de amplificación es muy importante, porque cualquier señal recibida por la antena es muy débil, su nivel de potencia de llegada del satélite es muy bajo.

El amplificador de bajo ruido tiene un ancho de banda de 500Mhz, pues debe ser capaz de amplificar al mismo tiempo todas las señales recibidas por la antena, antes de que se proceda a separarlas por medio de filtros.

Después de que todas las señales han sido amplificadas cuando han alcanzado un nivel adecuado, pasan por un dispositivo conocido como convertidor de frecuencia, que es un oscilador local que multiplica las

señales que entran por otra generada internamente, las señales obtenidas a la salida de este aparato son similares a las que entraron, por lo que respecta a su contenido, pero ha sido desplazadas a frecuencias mas bajas en el espectro radioelectrico.

Después de amplificar y cambiar la frecuencia de las señales, se separan en grupos o bloques, cada uno puede contener un solo canal de televisión o dos cientos de canales telefónicos, un paquete de información digital de alta velocidad. La separación se realiza con un demultiplexor al cual entra la información completa y en su interior mediante filtros, se separan los canales en bloques de 36 Mhz.

A continuación cada bloque pasa por una etapa muy fuerte de amplificación por un amplificador de potencia y después todos los bloques son reunidos en un solo conjunto a través de un multiplexor conectado a la antena transmisora del satélite.

Después de cada salida del demultiplexor hay un atenuador el cual sirve para disminuir a control remoto, y en distinto grado de intensidad del bloque de señales que entra a cada amplificador de potencia.

Cuando los amplificadores de potencia del satélite entregan a su salida el máximo de su potencia posible, están operando en su punto de saturación. Es preciso operar al amplificador de potencia en un punto de trabajo inferior al de saturación para reducir así el ruido de intermodulacion y su efecto sobre la información original.

Los atenuadores permiten regular la intensidad de las portadoras y entregar menos o mas potencia a la entrada del amplificador, para que a su vez salga de el menos o mas amplificación de potencia, con un nivel aceptable de ruido de intermodulacion . Siempre que haya mas de una portadora presente al mismo tiempo en el amplificador de potencia, se produce ruido de intermodulacion.

X.3 SUBSISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA

Para funcionar adecuadamente, todo satélite necesita un suministro de energía eléctrica sin interrupción y sin variaciones significativas en los niveles de voltaje y de corriente.

La cantidad de potencia requerida por cada uno depende de sus características de operación, y normalmente varía entre 500 y 200 watts. 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 niveles adecuados a cada una de las partes del satélite.

La fuente primaria de energía del satélite está constituida por arreglos de celdas solares. Las celdas solares funcionan bajo el principio del efecto fotovoltaico, cuando mayor sea la densidad de flujo de la radiación solar sobre ellas, mayor es la electricidad que generan.

Una gran desventaja que actualmente tienen las celdas solares es que su factor de eficiencia en la conversión de energía solar a eléctrica es muy bajo. En un principio era del orden del 8%, ahora se utilizan celdas con una tecnología mejor, que brindan factores de eficiencia del 10 al 12%, pues también aprovechan gran parte de la energía radiada por el sol en la región ultravioleta de su espectro.

En el caso de los satélites estabilizados por giro o rotación, no todas las celdas solares están expuestas al sol en todo momento, solamente se aprovecha una parte de ellas para efectuar la conversión a electricidad, de hecho el porcentaje aprovechado en cada instante es de aproximadamente un tercio, a consecuencia de la parte oculta al sol y la pared curva del cuerpo cilíndrico del satélite sobre el cual están montadas las celdas.

Con base en lo anterior, es razonable preguntarse por que se usan los satélites establecidos por giro, hay varias razones para hacerlo en algunos casos, como a continuación se describe. La disponibilidad de contar con mas energía eléctrica en un satélite de estabilización triaxial es desde luego muy atractiva, pero hay ciertas desventajas que deben considerarse antes de tomar una decisión. Por un lado, existe el riesgo de que poco después de colocar al satélite en órbita, sus paneles solares que van replegados en el momento del lanzamiento no se extiendan, o que no puedan ser reorientados, por falla de algún mecanismo. Aunado a esto, y tal como se describe mas adelante, los diseños de los subsistemas de control termino y la parte de inyección de combustible del subsistema de propulsión son mas sencillos en un satélite estabilizado por giro que en uno estabilizado triaxial. De ahí que no se puede concluir que un tipo de satélite sea mejor que otro, sin embargo, la necesidad de tener disponibles muchos kilowatts de potencia si conduce invariablemente a la elección de satélites con estabilización triaxial.

Durante toda su vida de operación el satélite se ve expuesto a eclipses, y en estos casos necesita obtener su energía eléctrica de alguna otra fuente que no sea el sol para poder seguir funcionando, esta fuente secundaria o de respaldo la constituye un conjunto de baterías, que se cargan cuando las celdas solares se hallan expuestas al sol y se descargan durante los eclipses o en las horas pico de mayor demanda de en energía

SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA

CELDAS SOLARES

_SILICIO

Convencional

Eficiencia: aprox. 12%

- ARSENIURO de GALIO (Ga As)

Estado del Arte

Mayor Eficiencia (aprox. 16%)

Mayor Masa/quebradiza

BATERIAS

_ NIQUEL-CADMIO (Ni Cd)

Convencionales

Pesadas

_ NIQUEL-hidrogeno (NiH₂)

Estado del Arte

Doble Eficiencia por Kg.

Los eclipses ocurren cuando la tierra o la luna se interponen entre el Sol y el satélite. Dada la inclinación del eje de rotación del globo terráqueo con respecto a la eclíptica ya que el satélite gira alrededor de la tierra sobre el plano ecuatorial, los eclipses de la tierra no ocurren todo el año, sino solamente dentro de los 21 días antes y después de cada equinoccio, los eclipses pueden durar en cada una de esos días desde unos cuantos minutos hasta un máximo de 70 minutos, en la fecha de los equinoccios de primavera y otoño.

Las baterías que mas se utilizan en los satélites geoestacionarios de comunicaciones son de níquel-cadmio, su eficiencia de potencia/peso se baja, pero se prefieren porque son muy confiables y de larga duración. Sin embargo, algunos satélites (por ejem. Intelsat V y Spacenet) ya que utilizan baterías de níquel-hidrogeno, que poseen importantes ventajas tecnológicas sobre las anteriores y que quizá poco a poco las irán reemplazando desde la fecha hasta el año 2000.

X.4 SUBSISTEMA DE CONTROL TERMICO

Se indicó que varias partes del satélite requieren rangos distintos de temperatura para operar eficientemente, y que es necesario mantener un balance o equilibrio térmico del conjunto para que dichos rangos se conserven. Uno de los factores que intervienen en el equilibrio en cuestión 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 tierra son otros factores que deban considerarse también.

La energía proveniente de la tierra la integran dos tipos de radiación: la propia de ella y la del sol reflejada por su superficie. La suma del calor generado internamente por el satélite mas el producido por la absorción de energía del sol y de la tierra, menos el radiado por el satélite hacia el exterior, se debe mantener lo mas constante posible, con pocas variaciones, de tal modo que el satélite integro 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 esta de nuevo expuesto a los rayos del sol sufre otro cambio brusco de temperatura.

X.5 SUBSISTEMA DE POSISION Y DE ORIENTACION

El objetivo de un satélite de comunicaciones se recibir señales radioelectricas desde alguna parte de la tierra y retransmitirlas 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, 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 de estabilización triaxial.

Con la técnica de 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, solo una parte de su cuerpo gira mientras que el resto de la estructura que incluye a las antenas se mantiene fijo, la unión entre la sección que gira y la que no gira es un mecanismo de rodamiento y transferencia de energía con muy poca fricción. El satélite, al girar sobre su eje que es paralelo al de rotación de la tierra se vuelve menos vulnerable a las fuerzas perturbadoras.

X.6 SUBSISTEMA DE PROPULSION

El sistema de propulsión o de control a reacción opera según el principio de la 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 químicos y eléctricos, pero los primeros son los de mayor uso porque proporcionan niveles de empuje cientos o miles de veces mas grandes que los eléctricos.

La eficiencia de un propulsor se caracteriza por su empuje y el impulso específico del propelente que utilice. Cada tipo de propelente

produce un incremento de velocidad diferente con cierta cantidad de masa consumida, cuanto menor sea la masa necesaria para producir un incremento de velocidad determinado mayor es el impulso específico del propelente. El impulso específico se puede definir como el empuje aplicado o producido por cada unidad de peso del propelente que se consume cada segundo, en consecuencia, tiene dimensiones de tiempo y se expresa en segundos. Es de esperarse que si se desea reducir al mínimo posible el peso total del combustible almacenado en el satélite, para economizar en los costos de lanzamiento, es deseable utilizar propulsores que funcionen con combustible de impulso específico muy alto, para efectuar correcciones con composición y orientación del satélite se requiere aplicar empujes de duración determinada hasta obtener el incremento de velocidad necesario en la dirección deseada.

El principio básico mediante el cual operan los propulsores químicos es la generación de gases de muy alta temperatura en el interior de una cámara mediante la reacción química de prepotentes, y los gases se aceleran al pasar por una tobera de escape cuya boquilla va disminuyendo poco a poco en su área transversal y después se ensancha. Los primeros sistemas de control a reacción utilizaban gases fríos como el nitrógeno y el peróxido de hidrógeno, sin embargo, su impulso específico era muy bajo del orden de 70 segundos y muy pronto fueron sustituidos por la hidracina monopropelente, que en la actualidad goza de mucha popularidad. En este último tipo de propulsión, la hidracina (N_2H_4) es inyectada en una cámara donde se pone en contacto con un catalizador, como resultado, la primera evapora y se descompone exotérmicamente en una mezcla de nitrógeno, hidrógeno y amoníaco, a temperaturas del orden de $300^\circ C$ y con un impulso específico de unos 225 segundos. El impulso específico se puede mejorar incrementando la temperatura de los gases mediante algún sistema de calentamiento resistivo, después de la descomposición catalítica, hasta unos $1900^\circ C$, y antes de que se escapen por la tobera, de esta forma, el impulso específico aumenta hasta unos 300 segundos. Este importante incremento permite reducir la masa de propelente en el satélite antes de lanzarlo y colocarlo en órbita, pero a costa de un consumo mayor de energía eléctrica, pues hay que calentar la cámara de canalización.

En la actualidad existe cada vez más la tendencia a utilizar sistemas bipropelentes, con los que no se emplean un catalizador, sino que dos

propelentes distintos, un combustible y un oxidante, se ponen en contacto. Al unirse las dos sustancias, se produce una combustión instantánea sin necesidad de algún sistema de ignición, de estas sustancias, las mas populares son la hidracina monomelítica (combustible) y el tetroxido de nitrógeno (oxidante), que al combinarse produce un impulso específico del orden de 300 segundos. La ventaja o atractivo que ofrecen los propulsores bipropelentes es el de colocar al satélite en su órbita definitiva tanto como para realizar las maniobras de corrección de orientación y posición durante todos sus años de vida, utilizando para ello los mismos tanques de almacenamiento de combustible. Esta versatilidad conlleva algunos ahorros en la masa total del satélite, al no ser ya necesario un subsistema de control a reacción independiente en combinación con un motor de apogeo de combustible sólido. Algunos satélites como el INSAT-1 de la India utilizan la configuración bipropelente, pero su diseño es mas complejo que los sistemas que emplean un motor de apogeo y un subsistema de propulsión separados.

X.7 SUBSISTEMA DE RASTREO Y TELEMETRIA

Este subsistema permite conocer a control remoto la operación y posición del satélite, así como enviarle ordenes para que algun 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 temperaturas, etc. Las lecturas tomadas por los 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. Normalmente se utilizan de 6 a 7 tonos distintos, cuya frecuencia es de unos cuantos Khz. Y que modulan sucesivamente en fase con la señal portadora de la estación terrena de control, el satélite recupera los tonos y remodula con ellos a su propia portadora, para retransmitirlos hacia la tierra, en donde son detectados por el centro de control. Las señales

recibidas en la tierra se comparan en fase con las transmitidas originalmente, y las diferencias obtenidas permiten calcular la distancia a la que se encuentra el satélite, con precisión de unas cuantas decenas de metros.

La transmisión de las señales de telemetría y la retransmisión de los tonos de rastreo hacia la tierra se realiza a través de un mismo amplificador a bordo del satélite, al igual que con las señales de comando que se hayan recibido, para que se verifiquen antes de que sean ejecutadas. Durante los varios años de vida operacionales del satélite, este amplificador es el mismo de alguno de los transpondedores empleados para las comunicaciones en general, ya que las señales transmitidas y recibidas por el subsistema telemetría, rastreo y comando, ocupan muy poco ancho de banda y pueden compartir el mismo amplificador de banda C o Ku con otro tipo de señales de comunicaciones. Solamente durante las maniobras de colocación en órbita es común utilizar un amplificador que funcione a frecuencias más bajas que las de la banda C o Ku, en esta etapa importante de su lanzamiento se emplean las bandas de VUH y S, cuyas frecuencias son, respectivamente, de aproximadamente 140 Mhz y 2Ghz. Y las transmisiones y recepciones se efectúan a través de la antena de rastreo, comando y telemetría.

Las señales de comando son las que permiten efectuar las correcciones en la operación y funcionamiento del sistema a control remoto, como cambiar la ganancia de los amplificadores, cerrar algún interruptor, conmutar de transpondedor, modificar la orientación de la estructura, o bien durante la colocación en órbita extender los paneles solares, mover las antenas y encender el motor de apogeo. Todas estas señales de comando van codificadas, por cuestiones obvias de seguridad, y la mayor parte de los sistemas que operan actualmente utilizan una secuencia en la que el satélite primero retransmite al centro de control los comandos que haya recibido, estos son verificados en la tierra, y si se comprueba que las ordenes fueron recibidas correctamente, entonces el centro de control transmite una señal de ejecución. Al recibirla, el satélite procede entonces a efectuar los cambios.

X.8 SUBSISTEMA ESTRUCTURAL

La estructura del satélite es la armazón que sostiene a todos los 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.

Durante las diversas etapas de su lanzamiento y transferencia de órbita, el satélite se enfrenta a vibraciones, aceleraciones, esfuerzos aerodinámicos, fuerzas centrifugas, empujes de los propulsores y esfuerzos mecánicos cada vez que se desprende alguna etapa del cohete que lo transporta, o del mismo. Cuando llega a su posición orbital final, tal como ya se ha indicado, el satélite se ve afectado por impactos de micrometeoritos, presiones de radiación de las antenas, fuerzas de atracción de la Tierra, la Luna y el Sol, y empujes generados por su propio subsistema de propulsión. En consecuencia, tanto la estructura del satélite como cada una de las partes que lo componen deben diseñarse para que soporten esas condiciones durante la colocación en órbita y el tiempo esperado de vida. Para ello, el diseñador tiene a su alcance una diversidad de materiales para fabricar la estructura, así como muchos conceptos geométricos derivados de la experiencia obtenida en aeronáutica a través de los años. Los materiales más comunes para este fin son aluminio, magnesio, titanio, berilio, acero y varios plásticos reforzados con fibra de carbón, de estos, el berilio es el mas caro, y por lo tanto su utilización es limitada. Dependiendo del diseño (numero y forma de las antenas, tipo de estabilización, numero y potencia de los amplificadores, etc.), la masa de estructura puede variar entre 10 y 20% del total de la masa del satélite, una buena parte de esa estructura (los cilindros o las paredes de la caja, según el caso) se fabrica con “panal de abeja” de aluminio, por su ligereza y rigidez excelentes.

ACCESO MÚLTIPLE Y ASIGNACIÓN DE FRECUENCIA

XI.1 ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS

La capacidad de tráfico de un satélite está limitada por el factor de ancho de banda, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha asignado para el servicio fijo por satélite las bandas C, X, Ku, Ka, con frecuencias centrales aproximadas de los enlaces ascendentes y descendentes de 6/4 Ghz, 8/7 Ghz, 14/ 11 Ghz o 14/12Ghz, y 30/20Ghz, respectivamente, dependiendo de la región, hay variaciones entre los límites inferior y superior de cada una de esas bandas. Las bandas C y Ku son las que se utilizan comercialmente en la actualidad, y hasta hace poco solo había de 500Mhz de ancho de banda asignadas en cada una de ellas, por lo que la mayor parte de los satélites que la utilizan operan en esa cantidad, sin embargo, ya se han asignado otras bandas adicionales muy cercanas, y el ancho de banda se ha incrementado a 1000 Mhz.

XI.2 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA

Ya se ha visto que el ancho de banda total es de 500 Mhz de un satélite y se divide en varios transponders, y que una forma usual de hacerlo es de 36 Mhz. Esto significa que el amplificador de cada transponder puede dar cabida a una gran diversidad de información que ocupe todo ese ancho de banda y que pueda enviarse con una sola frecuencia portadora determinada. Considérese como ejemplo una gran ciudad, otra de tamaño medio y una población rural con unos cuantos miles de habitantes, y supóngase que las tres desean hacer uso del satélite. Es razonable suponer que en la primera hay mayor demanda de comunicaciones telefónicas, tanto por su mayor nivel económica y cultural como por su mayor densidad de población, en la segunda hay una menor demanda y en la tercera menos todavía.

Por consiguiente las señales que se generan en cada instante en cada una de esas tres poblaciones requieren distintos anchos de banda para que puedan transmitirse, podría ser que en la gran ciudad haya gran tráfico telefónico de larga distancia que el bloque resultante al combinar todos los canales telefónicos y modularlos tengan en efecto un ancho de banda de 36 Mhz, en cuyo caso ocuparía todo un transponder de un satélite. De ser así solo habría una frecuencia portadora presente en amplificador de potencia correspondiente, y no se produciría ruido de intermodulación, esto permitirá aprovechar al máximo la potencia de salida del amplificador. Pero en realidad este es un caso muy especial, y es mucho más común tener agrupaciones de canales telefónicos que ocupen menos de 36 Mhz de ancho de banda.

Regresando al ejemplo, supóngase que la gran ciudad es la letra A, la ciudad de tamaño medio B y la población rural la letra C. Es evidente que si las tres transmiten al mismo tiempo deben hacerlo con frecuencias portadoras diferentes para que no haya interferencia. Si la suma de los anchos de banda que requieren las tres estaciones da un total de 36 Mhz, entonces las tres ocuparan simultáneamente el transponder del satélite, separadas por bandas de guarda. Esta forma de uso simultáneo del transponder por varias estaciones terrenas, estén o no en la misma ciudad, recibe el nombre de acceso múltiple por división de frecuencia, o FDMA, ya que el espectro radioeléctrico del transponder se divide en secciones o ranuras de frecuencias asignadas a cada una de ellas. La configuración es rígida e invariable, pues cada estación debe transmitir siempre con la misma frecuencia central o portadora, y es válida cuando se puede garantizar que, durante la mayor parte del tiempo, ocupará activo ese ancho de banda que se le asignó, también por esta razón se le llama acceso múltiple por división de frecuencia con asignación fija. Es claro que su utilización radica principalmente en sistemas comerciales de alta capacidad. Sin embargo, que sucede cuando el tráfico generado en los puntos geográficos que comparten un transponder es intermitente y esporádico. Evidentemente la capacidad de ese transponder no se estaría aprovechando con eficiencia si ese emplease la técnica anterior, y en este caso se requiere utilizar, otra versión de acceso múltiple que brinde mayor flexibilidad, la alternativa se denomina acceso múltiple por división de frecuencia con asignación por demanda o DAMA.

La técnica del acceso múltiple DAMA permite aprovechar al máximo las ranuras de frecuencia y la potencia del satélite cuando el tráfico que se genera cada estación es esporádico, pues las ranuras se asignan a las estaciones terrenas solamente durante el tiempo que las necesiten para establecer una comunicación, en el momento de que alguna deje de transmitir esa ranura se libera y queda disponible para cualquier otra de las estaciones del sistema que solicite temporalmente. Cuando minutos u horas después la estación terrena que libero una ranura quiera transmitir mas información, podría darse el caso de que la ranura de frecuencia que uso previamente dentro del amplificador este ocupada en este instante por la señal de otra estación, pero puede haber otras ranuras vacías en ese momento, y de ser este el caso la estación terrena en cuestión, podría utilizar cualquiera de ellas. Es decir la frecuencia de la portadora transmitida por cada estación terrena cambia con el tiempo, moviéndose de lugar en el espectro radioelectrico del amplificador y , por supuesto, la estación debe estar debidamente equipada para hacerlo.

Desde luego que la ocupación de cualquier ranura vacía no puede hacer en forma arbitraria, sino a través de una estación central que coordine el banco de frecuencias disponibles. Cada vez que una estación desea iniciar una transmisión, debe solicitarle antes al banco de frecuencias que se le asigne a una de ellas para su portadora, este mismo banco de frecuencias se comunica con el punto de destino para informarle que se le va a transmitir y en que frecuencia debe sintonizarse para que reciba la señal, solamente hasta que la estación transmisora y la receptora hayan recibido la asignación de sus frecuencias de operación, se puede iniciar el enlace.

Existen muchos sistemas funcionando en la actualidad con asignación por demanda, uno de ellos se denomina SPADE usado por INTELSAT para darle servicio telefónico a los países que tienen poco tráfico entre si, pero que por su puesto necesitan de comunicarse ocasionalmente. Por ejemplo.. México tiene mucho mas demanda de llamadas con España que con Kuwait, por lo tanto, mientras que se si justifica tener una ranura, o mas, con asignación física entre México y España no así para Kuwait con algún otro país con el que exista poca demanda de comunicación. Precisamente en este

ultimo caso es mucho mas eficiente y económico enlazarse a través del sistema SPADE, que no es mas que un sistema DAMA internacional con algunas adaptaciones, que consiste en un transponder de 36 Mhz ranurado a 800 secciones capaces de conducir simultáneamente 400 conversaciones telefónicas, (400 ranuras se ocupan para los canales de ida y 400 para los canales vuelta), cada una de las ranuras tiene su frecuencia portadora y puede ser utilizada temporal o indistintamente por cualquiera de los países que integran el sistema. Sincronizándose con el banco central de frecuencias mediante un canal digital de solicitudes.

Como en el sistema SPADE cada ranura tiene su propia frecuencia portadora y su ancho de banda es ocupado por un solo canal telefónico modulado, esta forma de transmisión se llama canal único por portadora o SCPC, y aun cuando en este caso la asignación es por demanda, es fácil comprender que también puede haber otros sistemas domésticos o internacionales con SCPC de asignación fija. Así mismo, e independientemente que si tenga asignación fija o por demanda, un canal SCPC no necesariamente debe conducir telefonía analógica, sino que puede contener un canal de telefonía digital o un canal de datos de baja velocidad transmitido con modulación digital, de la cual hay varias opciones utilizadas a la vez en la practica.

XI.3 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO

El acceso múltiple por división en el tiempo o TDMA es una técnica totalmente digital mediante la cual varias estaciones terrenas acezan u ocupan un transponder o parte de el. A diferencia del acceso múltiple por una división en frecuencia, en donde cada estación transmisora tiene asignada una ranura de frecuencias dentro del transponder, normalmente con un ancho de banda diferente, en esta nueva técnica todo un grupo de estaciones tiene asignada la misma ranura, con cierto ancho de banda fijo, y se comparte entre ellas secuencialmente en el tiempo, es decir, cada estación tiene asignado un tiempo T para transmitir lo que guste dentro de la ranura, y cuando su tiempo

se agota debe de dejar de transmitir para que lo hagan las estaciones que le siguen en secuencia, Hasta que le toque nuevamente su turno.

El tiempo T asignado a cada estación no es necesariamente igual en todos los casos, puesto que algunas estaciones conducen mas trafico que otras y, por lo tanto, la ranura de tiempo que se les asigne debe ser mas larga que de las estaciones chicas. Estos tiempos asignados pueden ser fijos por estación en cuyo caso se tiene acceso múltiple por división en el tiempo con asignación fija, o bien puede variar con el tiempo cuando algunas estaciones tengan exceso de trafico (hora pico) . En esta condiciones es preciso reorganizar la distribución de los tiempos con una nueva estructura de marco o trama de transmisión, dándole las ranuras de tiempo mas largas a las estaciones con exceso de trafico y ranuras mas cortas a las de poco trafico.

Hay varios métodos para cambiar los marcos de transmisión pero la mas conocida es mediante un programa establecido con base a las estadísticas de trafico.

En cualquiera de los casos anteriores, la duración usual de un marco o ciclo es de unos cuantos milisegundos y se requiere confiar con un mecanismo confiable de sincronización para que no haya traslapes entre las transmisiones de las diversas estaciones. Un sistema TDMA es mas completo que un FDMA y necesita una buena coordinación entre todas las estaciones terrenas de la red que lo usan y una estación de referencia, además, como las estaciones transmiten en forma de ráfaga a intervalos con duración de una pequeña fracción de milisegundo, deben contar con módulos de almacenamiento de información digital, que funcionan como memorias de amortiguamiento y que van liberando la información por paquetes en cada ráfaga. Una de las ventajas de esta técnica es que durante cada ranura de tiempo se pueda transmitir en forma multiplexada digitalmente y por paquetes, porciones de canales telefónicos, de datos y hasta de vídeo sobre la misma portadora de ráfaga.

La modulación de TDMA que se utiliza mas en la practica es la de ocupación del transponder completo por la portadora modulada, como solo hay una portadora presente en cada instante dentro del amplificador de potencia del transponder, no hay ruido de intermodulacion y se puede aprovechar al máximo la potencia de salida, beneficiándose de esta forma todas las estaciones terrenas que lo utilizan.

La técnica TDMA, al igual que la FDMA, no es mas que una forma mediante la cual las estaciones comparten un transponedor o parte de el. Independientemente del tipo de acceso que se utilice, es necesario que los canales de vídeo, voz y datos que se van a transmitir pasen por varias etapas de procesamiento a partir de su estado de banda base (como son en su estado original), principalmente las etapas de multiplexaje y modulación de las cuales hay una gran diversidad. Por ejemplo, un enlace FDM/FM/FDMA significa que en la estación terrena transmisora primero se multiplexean o combinan en frecuencia varios canales originalmente en banda base (FDM), después el resultado modula en frecuencia a una portadora (FM), y posteriormente esta aceza al transponder del satélite (FDMA), en el punto receptor o destinatario se tiene que efectuar el proceso inverso para recuperar los canales en su forma original o banda base, es decir, demodular en frecuencia y después demultiplexar en frecuencia. Otro ejemplo seria un enlace TDM/QPSK/TDMA, en el que primero se multiplexean en el tiempo varios canales digitales (TDM), después el resultado modula digitalmente con desplazamiento de fase de cuadratura a la portadora (QPSK), y por ultimo esta aceza al transponder (TDMA).

XI.4 ACCESO MÚLTIPLE POR DIFERENCIACIÓN DE CÓDIGO

Existe una tercera alternativa en la que un transponder completo es ocupado por varias estaciones que transmiten a la misma frecuencia y en el mismo tiempo. Esta técnica denominada acceso múltiple por diferenciación de código o CDMA y que aparentemente resulta imposible, es particularmente útil en transmisiones confidenciales o altamente sensitivas a la interferencia, al igual que TDM es totalmente digital, y presenta la ventaja

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

XI.5 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO CON CONMUTACIÓN EN EL SATÉLITE

En cualquiera de los tres casos anteriores, que son los mas utilizados, el satélite simplemente cambia la frecuencia de las señales, y las amplifica, sin importar su contenido, es decir, si son analógicas o digitales, o con que técnica fueron multiplexadas o moduladas, el satélite es solo un repetidor en el espacio y es totalmente factible que algunos de sus transponderes funcionen con acceso múltiple FDMA o TDMA, o con una combinación simultánea de ambos, y que otros operan con acceso CDMA.

Sin embargo los satélites mas modernos se están construyendo con varias antenas de pincel, diseñadas para cubrir diferentes zonas geográficas con muy alta densidad de potencia, cada haz esta asociado con ciertos transmisores y receptores y es conmutar parte de la información o toda, de un haz a otro mediante una matriz de microondas. Este versátil y novedoso sistema digital, con acceso múltiple TDMA, se denomina acceso múltiple por división en el tiempo con conmutación en el satélite o SS/TDMA.

Esta técnica moderna incrementa significativamente la eficiencia de un sistema, puesto que se logra la cobertura total de un gran territorio dividido en zonas con haces de potencia altamente concentradas, en vez de hacerlo con un solo haz común de baja densidad de potencia por unidad de área.

INTELSAT

QUE ES EL INTELSAT

INTELSAT es el proveedor de servicios de comunicaciones vía satélite mas grande del mundo. Un sistema global de satélites ofrece televisión, telefonía y distribución de datos a millones de personas en todos los continentes. INTELSAT fue la primera y única organización que provee de cobertura y conectividad global vía satélite para cualquier rango de servicios de telecomunicaciones.

QUIEN CREO INTELSAT Y PORQUE

INTELSAT fue creada en 1964 bajo un fundamento interno entre 11 naciones quienes se unieron para poder establecer una comunicación comercial global. El sistema vía satélite estaría disponible para todas las naciones y brindaría sus servicios de telecomunicaciones de una manera indiscriminatoria. En 1973 este acuerdo intermedio fue reemplazado por uno permanente. Cuando fue captado por 54 de 83 miembros de naciones. Estas naciones decidieron que estos eran beneficios políticos financieros y operacionales, y unieron recursos y trabajaron juntos para lograr metas de comunicación en el espacio. Los miembros del gobierno de INTELSAT se reunieron por lo menos una vez cada dos años y continuaron apoyando a la organización y los principios por los cuales fue establecida.

QUE HACE INTELSAT

INTELSAT posee y opera un sistema de satélites que provee dos grandes servicios a usuarios en mas de 200 países, territorios y dependencias en cada continente. Estas categorías de servicio son: voz, datos y vídeo. INTELSAT estableció medidas técnicas y de operación para

las estaciones terrenas, con las cuales cualquier usuario de INTELSAT podía cumplir.

Miles de estaciones terrenas clasificadas en tamaño desde 30 metros las más grandes, hasta las más pequeñas de ½ metro se integraron a INTALSAT. Este fue de acuerdo a los recursos del satélite y alcance de uso. INTELSAT ofrece la única la conexión global con la habilidad de enlazar 2 o más puntos cuales sean en cualquier parte del mundo.

QUE RECURSOS POSEE INTELSAT

INTALSAT tiene mas satélites en operación que cualquier otra organización comercial, una flota de mas de 20 embarcaciones espaciales muy potentes en la órbita geostacionaria. 13 satélites están en orden de lanzamiento para los próximos 2 anos. Estos satélites están representados por 4 generaciones en progreso: el INTELSAT VVV-A, INTELSAT VI. INTELSAT VII/VII-A, INTELSAT VIII E INTELSAT K que es el único que trabaja en la banda Ku.

COMO TRABAJA INTALSAT

INTELSAT es una asociación de 130 piases operado por medio de las demandas comerciales. Los dueños contribuyen con el capital de acuerdo al uso del sistema, y reciben a cambio el servicio en el que invirtieron. Los usuarios pagan un cargo por los servicios de INTELSAT. Los cargos varían dependiendo del tipo, cantidad y duración de los servicios. Cualquier nación puede usar el sistema, sea o no miembro. INTELSAT básicamente opera como todo un vendedor previendo servicios a los usuarios de cada país. Algunas naciones miembros de INTELSAT tienen la autorización de algunas organizaciones que proveen los servicios de INTELSAT dentro de sus países correspondientes. Realmente INTELSAT tiene mas de 300 clientes autorizados, muchas de las decisiones de los miembros de INTELSAT pueden estar respaldadas por el consejo del sistema del sistema INTELSAT.

QUIEN USA INTELSAT

Tan solo alguien en el mundo quien hace una llamada telefónica a través de los mares o que ve la transmisión de un programa internacional en vivo, como las olimpiadas, Wimbledon tenis o reportes de Europa y del medio oriente, nacional, regional e internacional, como CBS, NBC, BBC, CNN. Arreglos transcontinentales de aerolíneas, información bancaria para verificación de crédito y autorización de manufacturas multinacionales, compañías de petróleo servicio de información como reuters (UK), distribuidores internacionales de periódico como la tribuna internacional del heraldo, Wad Street Journal, para impresiones remotas simultáneas diarias.

QUE MAGNITUD DE NEGOCIOS POSEE INTELSAT

Los satélites INTELSAT cargan mas de la mitad de todas las llamadas telefónicas internacionales, virtualmente todas las transmisiones transoceánicas de televisión y servicios domésticos para alrededor de 30 naciones. En 1995 los ingresos operacionales de INTELSAT fueron alrededor de 805 millones de dólares. En marzo de 1994 el sistema INTELSAT cargo mas de 130000 canales de servicios públicos y más de 300 contratos completos con arrendamiento, como internacional, regional, telefonía domestica, transmisiones y ampliaciones de negocios.

ALGUNOS DE LOS MÁS NOTABLES LOGROS DE INTELSAT

En 1995 INTELSAT lanzo el primer satélite de comunicación comercial en el mundo, Earybrd (INTELSAT Y) para servicio a la región del Océano Atlántico.

En 1969 INTELSAT completa el establecimiento de la primera comunicación global, previendo de una cobertura global con el desplazamiento de un satélite para el servicio de la región del Océano Indico.

En 1969 Intelsat provee la cobertura global de TV del alunizaje del Apollo a una audiencia de 500 millones de personas alrededor del mundo, siendo este el evento mas visto en esa época.

En 1974 INTELSAT implemento el primer servicio de comunicación de voz digital en el mundo, precursor de las redes digitales de hoy.

En 1974 INTELSAT activa un enlace de comunicación directa (HOT LINE) entre la Casa Blanca y el Kremlin.

En 1978 INTELSAT provee la cobertura de copa mundial de soccer e imponiendo un nuevo récord de audición para un solo evento, estimando un billón de personas en 42 países.

En 1986 por primera vez los transmisores usados son muy pequeños, fácilmente transportados de las estaciones terrenas para transmitir las noticias más relevantes con el sistema INTELSAT, abriendo una nueva era de transmisión global por satélite, transmisión de mayores eventos en vivo de cualquier parte del mundo.

En 1989 INTELSAT lanza el primero de sus satélites serie INTELSAT VI el más grande y complejo satélite construido.

En 1992 INTELSAT y NASA colaboran en una histórica y exitosa misión espacial para recuperar e impulsar el INTELSAT 603 extraviado en una órbita baja de la Tierra después del fracaso de su lanzamiento en 1990.

En 1992 INTELSAT provee la cobertura global por TV de los juegos Olímpicos de 1992 desde Barcelona España, con una audiencia estimada en los 3 billones de personas, y otro récord conseguido por INTELSAT fue el de 23 canales de tiempo completo establecidos para este evento.

En 1993 INTELSAT y mas naciones unidas firman un acuerdo para expandir los servicios por satélite.

En 1994 INTELSAT y la organización regional africana de comunicaciones por satélite (RASCOM) firman un acuerdo para dar

servicio a África, transmitiendo las elecciones de Sudáfrica alrededor de todo el mundo.

EL SEGMENTO TERRESTRE : EL ENLACE VITAL

Las estaciones terrenas que cuentan con acceso al sistema son los enlaces esenciales al servicio de conectividad de INTELSAT, Estaciones terrestres son usadas y operadas una a una por el gobierno de la entidad de cada país o por otras entidades o compañías. No importa quien sea el dueño, las estaciones necesitan reunir un cierto nivel de capacidad y técnica y operacional, antes de acceder al sistema INTELSAT para mantener la integridad del sistema.

Dependiendo del tamaño y servicio de las estaciones terrenas, los parámetros técnicos deben ser impuestos, se calificaran dentro de un standard particular de INTELSAT.

Actualmente el segmento espacial de INTELSAT comprende 24 satélites en órbita haciendo al sistema INTELSAT el mas apto para comunicaciones globales, INTELSAT esta continuamente planeado para el en futuro expandir la capacidad existente a través de un despliegue para 1996 con la adición de 2 satélites, y otros 5 están en la fase de planeación para ser lanzados en 1998 para aumentar el sistema a la cantidad de 14 nuevos satélites en 5 años.

Bibliografía

Satélites de Comunicación

Dr. Rodolfo Neri Vela

Comunicación Vía Satélite

Ing. Fernando Estrada

