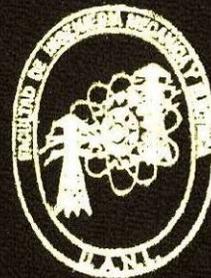
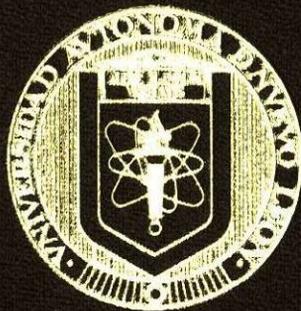


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

PRESENTA
ALEJANDRO RAMIREZ ZAPATA

TESINA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

ASESOR:
ING. FERNANDO ESTRADA SALAZAR

CD. UNIVERSITARIA

MAYO DE 1997

T

TK510

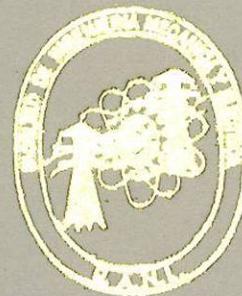
R3

C.1



1080071722

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

PRESENTA
ALEJANDRO RAMIREZ ZAPATA

TESINA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES
ASESOR:
ING. FERNANDO ESTRADA SALAZAR

CD. UNIVERSITARIA

MAYO DE 1997

T
TK5104
R3



COMUNICACION VIA SATELITE

COMUNICACION VIA SATELITE

Alejandro Ramirez Zapata.

Este trabajo fue realizado con el objeto de obtener el derecho a mi examen profesional.

**Agradezco a Dios por haber permitido terminar mi carrera.
A mis padres y hermanos por darme siempre el apoyo moral y económico.
A usted tía por haberme compartido su tiempo y vida durante mi carrera.
Gracias.**

Contenido:

Consideración sobre los medios de comunicación.

El cinturón de Clarke.

La comunicación vía satélite una necesidad.

Definición de un satélite.

Ventajas de la comunicación vía satélite.

Como llegar a la órbita geoestacionaria.

Las fuentes perturbadoras.

Estructura y funcionamiento de un satélite.

Tipos de servicio de comunicación.

Acceso múltiple.

Clasificación de los satélites.

Conceptos fundamentales de un sistema de telecomunicaciones por satélite de gran altura geoestacionario (síncronos).

Descripción a cuadros de un satélite típico.

El enlace Tierra-satélite-tierra.

CONSIDERACION SOBRE LOS MEDIOS DE COMUNICACION.

El extraordinario incremento de las necesidades de canales es las telecomunicaciones mundiales, urgió al hombre durante las ultimas décadas, a crear nuevos métodos y sistemas de comunicación, capaces de incrementar la cantidad de información transmitida en forma segura, y en lo posible, con una rentabilidad superior.

Podemos dividir los sistemas de operatividad intercontinental en dos grupos:

- a). Enlaces radioelectricos: ONDA CORTA Y MICROONDAS
- b). Enlaces por LINEA FISICA

Consideremos primero la radiocomunicación por onda corta, que solo puede proporcionar un numero limitado de canales, debido a la estrechez del espectro utilizable y que en la actualidad ya está saturado, decreciendo rápidamente su capacidad de absorción. Además, estos enlaces están afectados por factores aleatorios ya que dependen de la ionosfera, la cual esencialmente es irregular y cambiante introduciendo en consecuencia un importante porcentaje de incertidumbre. También debemos considerar que admiten interferencias y bloqueo como asimismo la presencia de un importante nivel de ruido.

Dentro de los medios radioelectricos debemos considerar los enlaces de microondas que si bien es cierto constituyen un medio de gran confiabilidad y capaz de manejar muchos canales, no es factible su empleo en enlaces intercontinentales por la imposibilidad de instalar repetidores con las características que ellos exigen, en medio de los océanos. Eliminada esta dificultad, económicamente son convenientes.

Los enlaces nombrados en segundo termino (línea fisica), son los cables submarinos de banda ancha, muy seguros, que resultan un sistemas 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.

Del análisis efectuado surge una tercer alternativa como solución del problema planteado y consiste en establecer las comunicaciones mediante el uso de objetos situados fuera de la tierra y mas aun de la misma atmósfera. Dichos objetos, conocidos con el nombre de satélites, permiten la accesibilidad de las comunicaciones a cualquier parte del globo terrestre.

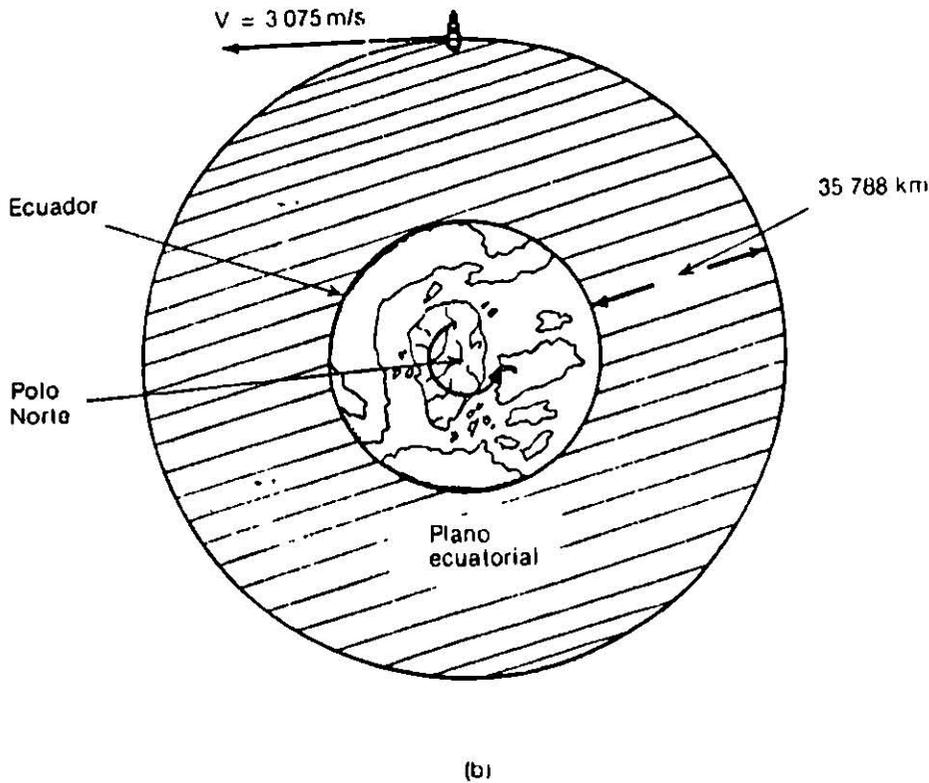
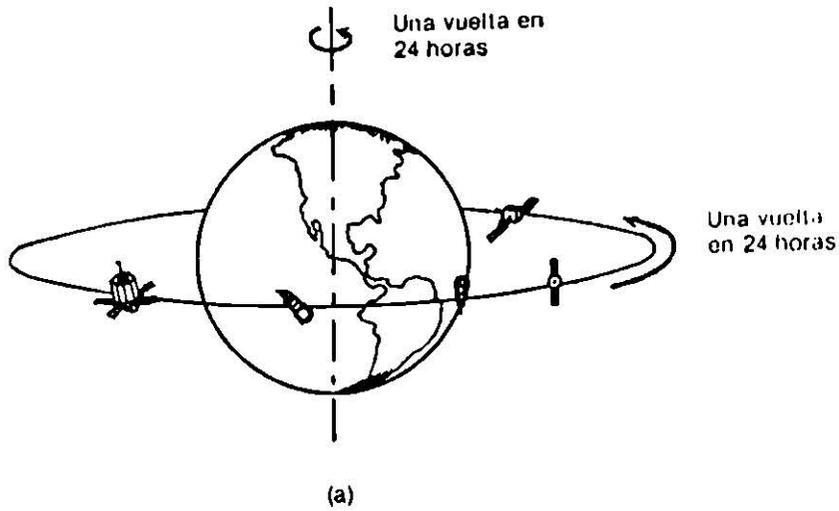
La utilización de satélites, ya sea reflectores o reveladores radioelectricos, hace posible el uso de las microondas con las ventajas inherentes a las mismas, en cuanto a capacidad y confiabilidad, entre dos puntos situados sobre la superficie terrestre, agregándose a esto la ventaja que significa la necesidad de poseer solo una estación terrena en una determinada zona, para enlazar esta, a través del satélite, con cualquier otro centro productor de trafico que posea igual facilidad, aun cuando el mismo este situado a distancias considerablemente grandes.

EL CINTURON DE CLARKE

En 1945, Arthur C. Clarke surgió 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 moviesen, como si estuviesen colgados en el cielo. Los satélites no cambiarían aparentemente de posición y esto traería consigo grandes ventajas pues, tal como se verificaría años mas tarde, su operación 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 se podría intercomunicar por radio con solo tres satélites colocados en esa órbita tan especial. Como seria posible lograrlo, si los satélites deben moverse a gran velocidad, para no perder altura y caer hacia la tierra, atraídos por ella? La tierra gira sobre su propio eje, completando una vuelta cada 24 horas; si se coloca un satélite de tal forma que gire circularmente alrededor de ella en un plano imaginario que la atraviese por el circulo ecuatorial, y si el satélite también completa una vuelta en 24 horas, entonces, para un observador sobre un punto fijo de la tierra, se produce la ilusión de que el satélite no se mueve.

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 que la tierra; además, para que no perdiese altura poco a poco y completase una vuelta cada 24 horas, debía estar aproximadamente



Los satélites geostacionarios giran alrededor 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.

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.

Sin duda fueron mucho los científicos e ingenieros que leyeron con interés las ideas de Arthur C. Clarke y de otros autores contemporáneos. Cabe mencionar que en aquel entonces todavía no se lanzaba ni si quiera el primer satélite artificial de la tierra, ya no se diga en órbita geoestacionaria a 36,000 km de altura sobre el nivel del mar, sino aunque fuese a unos cientos de kilómetros de distancia. Pero llegó el día en que la era espacial se inicio, en 1957, con el lanzamiento del Sputnik 1, y después de varias pruebas con algunos otros satélites en esos primeros años, al fin se colocó en órbita el primer satélite geoestacionario del mundo, llamado SYNCOM. Poco más tarde, había un satélite Intelsat III sobre cada uno de los océanos principales (Atlántico, Pacífico e Índico), intercomunicando al mundo; era el año de 1968 y los sueños de Clarke se habían convertido en una realidad, 23 años después de haber publicado sus ideas.

La órbita en cuestión recibe el nombre de órbita geoestacionaria, pero con frecuencia muchos autores e investigadores también se refieren a ella como el cinturón de Clarke, en justo reconocimiento a su promotor. En la actualidad, esta es la órbita más congestionada alrededor de la tierra; muchos propietarios de satélites, si no todos, quieren estar ahí por obvias razones de sencillez y bajo costo de operación. En ella se encuentran satélites de apariencia física y aplicación muy diversas: meteorológica, militares, experimentales y de comunicaciones.

LA COMUNICACION VIA SATELITE UNA NECESIDAD

Como se ha mencionado algunas formas de comunicación previas a la comunicación vía satélite lo fueron las ondas de radio en la banda HF, el cable y las redes terrenas de microondas.

En lo que respecta a las comunicaciones por onda corta (banda HF) estas solo pueden proporcionar un número limitado de canales debido a la estrechez del ancho de banda utilizable. Hay que recordar, que a mayor frecuencia

portadora se dispone de un mayor ancho de banda y por lo tanto de mayor capacidad; en la actualidad la banda ya esta saturada.

Al considerar los enlaces de microondas en redes por tierra los problemas de ancho de banda (capacidad) y de la incertidumbre por la ionosfera son ampliamente superados constituyendo un medio de gran confiabilidad y capaz de manejar una gran capacidad de información. Sin embargo no es factible su empleo en enlaces de intercontinentales por la imposibilidad de instalar repetidoras con las características que ellas exigen, en medio de los océanos.

En lo que respecta a los cables tienen un ancho de banda, que aunque es muy amplio, es limitado y su costo aumenta lógicamente con la extensión.

Del análisis efectuado anteriormente surgió una alternativa como solución de los problemas planteados y consiste en establecer la comunicacion mediante el uso de una repetidora colocada en el espacio: el satélite.

La utilización de el satélite hace factible el uso de 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 distintas considerablemente grandes en vez de una red de 30 o mas repetidoras. por otra parte el satélite permite el “salto” de los océanos para lograr las comunicaciones intercontinental de alta capacidad.

Aunque la comunicacion vía satélite nació como una necesidad para comunicar lugares muy distantes, como por ejemplo: un continente con otro continente, hoy en día se utiliza para comunicar lugares situados en el mismo continente y aun dentro del mismo país.

DEFINICION DE UN SATELITE

Un satélite no es mas que una repetidora (en el rango de las microondas) puesta en el espacio. Un satélite no crea transmisiones por si mismo, solo retransmite o releva lo que recibe de la tierra. El satélite recibe la señal proveniente de la tierra en la banda llamada up-link y la regresa en la banda down-link produciendo un retardo de aproximadamente 0.26 segundos.

VENTAJAS DE LA COMUNICACION VIA SATELITE

1. Simplificación del sistema. Debido a su gran altura (aproximadamente 36,000 km.) se tiene una línea de vista entre el satélite y cualquier estación terrena que este dentro de su área de cobertura la cual puede llegar a ser tal, que se cubriría prácticamente el 40% de la superficie de la tierra con un solo satélite. Esto simplifica enormemente el sistema ya que el satélite sustituye a las redes de microondas con las consiguientes ventajas tanto técnicas como económicas.

2. Mayor calidad. Debido a que cualquier proceso electrónico degrada la señal al agregar algo de ruido (aunque sea un grado mínimo), debemos considerar la gran ventaja de manejar un enlace a través de una sola repetidora (el satélite), y por lo tanto una sola fuente de ruido, comparado contra un enlace utilizando una red de microondas de 20 o mas repetidoras, por lo tanto 20 o mas fuentes de ruido. Definitivamente la calidad de la señal en un enlace vía satélite es mucho mas alta que un enlace a través de una red de microondas.

3. Mayor confiabilidad. Otra consecuencias del hecho de utilizar una sola repetidora, en vez de una red de ellas en los enlaces vía satélite es la reducción de la posibilidad de altas fallas a una sola (el satélite), lo cual da una gran confiabilidad al sistema. Además hay que considerar las normas mas estrictas que controlan la fabricación del satélite, lo que permite la seguridad de su funcionamiento durante su tiempo de vida útil. Pero aun debemos agregar a esto, el hecho de que los fabricantes de los satélites proveen a este equipo redundante para las partes mas susceptibles de daño lo que definitivamente garantiza su funcionamiento.

4. Alta capacidad (ventaja propia de las microondas). Aquí podríamos hacer énfasis en la ventaja de utilizar las microondas como frecuencias portadoras, lo que permite disponer de un ancho de banda amplio y por lo tanto el tener una gran capacidad de manejo de información. De hecho, los satélite actuales tienen la capacidad para manejar hasta 24 canales de TV simultáneamente o su equivalente en telefonía (aproximadamente 960 canales telefónicos por cada canal de TV) por cada banda que disponga (C y/ó ku).

5. Ventajas de tipo social. Por medio de los satélites se tiene acceso a lugares que por medio de otros sistemas de comunicacion no se podría, este es el caso de regiones pantanosas, bosques, islas, etc.

COMO LLEGAR A LA ORBITA GEOESTACIONARIA.

1. Inyección directa en la órbita geoestacionaria. En este caso, el satélite es transportado por un cohete de varias etapas hasta el cinturón de Clarke, sin que necesite realizar esfuerzos propios, lo que en cambio si es necesario en los otros procedimientos que se explican mas adelante. La inyección la inyección directa en órbita geoestacionaria es muy costosa y solo se utiliza para lanzar satélites militares; como el satélite no realiza esfuerzos propios, es decir, no lleva motores acoplados directamente a el, para pasar de una órbita a otra, la probabilidad de que llegue a su destino en buenas condiciones aumenta. El cohete Titán IIIC de los E. U. es un ejemplo de lanzador que puede emplearse con este fin.

2. Inyección en órbita elíptica. En este procedimiento las etapas del sistema lanzador colocan al satélite en una órbita elíptica de gran excentricidad, es decir, muy delgada, en la que el centro de la tierra es uno de los focos. Una vez ahí, el satélite se separa del cohete y de una o varias vueltas en esa órbita, llamada de transferencia geosincronica, hasta que se lleva a cabo la siguiente etapa del proceso, ya con esfuerzos propios de el mismo.

El perigeo de la órbita de transferencia geosincronica esta normalmente a una altura aproximada de 200 km sobre el nivel del mar y su apogeo cerca de los 35,788 km, que es la altura final en la que el satélite debe quedar para su funcionamiento. 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 al ultima vuelta elíptica que se haya programado; obviamente, el encendido se efectúa despues 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 geosincronica a la circular geoestacionaria.

2. Inyección inicial en órbita circular baja. Esta es la técnica empleada por el Sistema de Transportación de la NASA de E.U. mejor conocido como

orbitador, y consiste en tres pasos, los dos últimos son idénticos al caso anterior de inyección inicial con órbita elíptica, y el primer paso se describe a continuación.

El orbitador despegando llevando al satélite es su compartimiento de carga y entra en órbita alrededor de la tierra siguiendo una trayectoria circular, a una altura aproximada de 300 km sobre el nivel del mar. En una de las muchas vueltas que da la nave, el satélite es liberado arrojado del compartimiento de carga, La separación se efectúa cuando la nave va cruzando el plano del ecuador, y cuarenta y cinco minutos más tarde, cuando el satélite vuelve a cruzar el plano 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 del segundo caso explicado anteriormente. Una vez que ha cumplido su función, el motor de perigeo se desprende del resto del cuerpo del satélite, dando así las condiciones adecuadas para que, más adelante y en el momento preciso, un motor de apogeo acoplado al cuerpo del satélite se encienda para circularizar la órbita con su altura final.

LAS FUERZAS PERTURBADORAS

¿Cuáles son las fuerzas que causan tantos problemas para conservar al satélite fijo en su posición geostacionaria? La fuerza que más le afecta es el campo gravitacional de la tierra. Este campo no es esféricamente uniforme, pues la distribución de la masa del planeta no es homogénea. El campo gravitacional de la tierra es la fuerza de mayor influencia sobre la posición y orientación del satélite, debido al gran tamaño que tiene el planeta y la relativa cercanía del satélite al mismo.

Otra fuerza que también produce cambios en la posición y orientación del satélite es la presión de la radiación solar sobre la superficie de su estructura. Esta fuerza acelera el satélite, y su efecto es mayor en satélites que tienen sus arreglos solares montados sobre paneles desplegados o extensibles que sobre satélites de configuración cilíndrica.

Por otra parte, la posición y orientación del satélite no son modificadas solamente por las fuerzas externas que se han mencionado, sino que el propio satélite también genera otras fuerzas perturbadoras.

Por ultimo, la misma radiación radioelectrica de las antenas del satélite produce una presión, cuyo efecto es importante cuando la potencia de transmisión del satélite es alta y esta concentrada en un haz de iluminación muy angosto.

Como puede verse, el nuevo hogar del satélite es muy inestable, y por ello su subsistema de propulsiones sumamente importante para poder mantenerlo dentro de su caja imaginaria.

ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UN SATELITE

1. Subsistemas de antenas. Recibir y transmitir señales de radiofrecuencia.
2. Subsistema de comunicaciones. Amplificar señales y cambiar su frecuencia.
3. Subsistema de energía de comunicaciones. Suministrar electricidad con los niveles adecuados de voltaje y de corriente.
4. Subsistema de control térmico. Regular la temperatura del conjunto.
5. Subsistema de posición y orientación. Determinar la posición y orientación del satélite.
6. Subsistema de propulsión. Proporcionar incrementos de velocidad y pares para corregir la posición y orientación.
7. Subsistema de rastreo, telemetría y comando. Intercambiar información con el centro del control en tierra para conservar el funcionamiento del satélite.
8. Subsistema estructural. Alojar todos los equipos y darle rigidez al conjunto.

TIPOS DE SERVICIOS DE COMUNICACIONES

Servicio fijo. Los servicios que se pueden prestar con los satélites geoestacionarios de comunicaciones se dividen en dos grandes grupos: fijo y móvil. Una red de comunicaciones de servicio fijo consiste en uno o varios satélites y las estaciones terrenas que se intercomunican a través de ellos, con la particularidad de que las estaciones siempre permanecen en el mismo punto geográfico donde se hayan instalado inicialmente, es decir, son fijas. Lo anterior no significa que las estaciones no puedan tener cierta flexibilidad en su movimiento, puesto que en ciertas ocasiones se necesita reorientarlas para mejorar la calidad de recepción o para cambiar de satélite, y a pesar del movimiento de giro que la antena tenga temporalmente, la estación siempre permanece fija en el piso.

La mayor parte de estaciones terrenas que existen en el mundo operan en la modalidad de servicio fijo, sin importar si la red de comunicaciones a la que pertenecen es nacional o internacional.

Servicio móvil. Muchos usuarios que requieren comunicarse por satélite tienen la característica de que sus equipos no permanecen fijos, sino que se mueven o cambian de lugar constantemente. Las redes de comunicaciones que satisfacen esta demanda pertenecen a la rama del servicio móvil vía satélite. En cualquiera de los casos, el equipo de comunicaciones del vehículo debe tener una antena capaz de permanecer en contacto con el satélite geoestacionario, independientemente de su movimiento.

ACCESO MULTIPLE

Definición y clasificación. El acceso múltiple se define como la capacidad para que un gran número de estaciones terrenas transmisoras “conecten” sus enlaces de comunicación correspondientes a través de un satélite común.

Los tres tipos más comunes de acceso múltiple son:

Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) donde todos los usuarios (transmisores de la tierra) tienen acceso al satélite al mismo tiempo pero cada uno transmite en su propia y única banda de frecuencias. Esta es la

forma de acceso múltiple mas utilizada con la modulación analógica, donde las señales están presentes todo el tiempo.

Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) donde los usuarios transmiten por “turno” en su propia y única “ranura” de tiempo. Mientras esta transmitiendo, cada ocupante tiene el uso exclusivo de uno o mas transponders. La naturaleza intermitente del TDMA la hace particularmente atractivo para modulación digital.

Acceso múltiple por división de código (CDMA) muchas estaciones terrenas transmiten simultáneamente señales codificadas distribuidas en todo el ancho de banda asignado. Los sistemas descodificados reciben las transmisiones combinadas provenientes de diferentes estaciones y recuperan cada uno de ellos.

En cualquiera de las tres clásicas formas de acceso múltiple cabe otra subdivisión. Si el acceso al satélite es permanente de parte de una estación terrena transmisora el acceso se conoce como fijo o por pre-asignación. Si el acceso es temporal y compartido se le conoce de asignación por demanda.

Ventajas de FDMA.

1. No se requiere de sincronización (cada estación transmite independientemente de las otras).
2. La asignación de cada canal es simple y directa.

Desventajas de FDMA.

1. Los niveles de potencia de los enlaces ascendentes deben de ser estrechamente coordinados para hacer un uso eficaz de la potencia de salida de microondas de los transponders.
2. El sistema esta propenso a intermodulacion por lo que es necesario reducir la potencia (total del transpoder) conforme aumenta el numero de portadoras con la consecuente perdida de eficiencia.

Ventajas del TDMA.

1. No se comparte la potencia y no se presentan problemas de intermodulacion.

2. El sistema es flexible en cuanto a la PIRE que cada usuario transmite en cada enlace ascendente.

Desventajas de TDMA.

1. Se requiere una sincronía perfecta en la red .
2. Se requiere de una gran capacidad de almacenamiento si la “trama” es larga.

Ruido de intermodulación. Debido a las característica no lineal del TWT del transponder del satélite, cuando se presentan varias portadoras (como en el caso en el caso de FDMA) se producen productos de intermodulación entre las portadoras afectando la calidad de la transmisión. A estos productos de intermodulación se les da el nombre de “Ruido de intermodulación”.

Cuando dos o mas portadoras están presentes en el mismo transponder, estos productos de intermodulación pueden aparecer como “Traslapes” en el espectro original de frecuencias asignado a cada portadora.

La única manera de reducir el ruido intermodulado para un TWT dado es disminuir el nivel de señal de entrada de modo que se pueda operar en la región lineal.

CLASIFICACION DE LOS SATELITES

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 se involucra un proceso electrónico en el satélite (grabación, reproducción, amplificación, cambio de frecuencia, etc.).

2. De acuerdo a su aplicación. 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 es en los de comunicación.

3. De acuerdo a su órbita. Por su órbita los podemos clasificar en GEOESTACIONARIOS y NO GEOESTACIONARIOS. Un satélite geoestacionario es aquel que permanece fijo con respecto a la tierra, es decir, visto desde la tierra aparecerá como un punto fijo en el cielo. Un satélite no geoestacionario aparecería siempre en movimiento con respecto a la tierra, un ejemplo de esto es la luna.

En general podemos decir que los sistemas de comunicacion 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 permanece fija, factor que gravita preponderantemente en el costo de la 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 de un buen sistema de comunicaciones.

4. De acuerdo a su cobertura. Clasificaremos a los satélites de acuerdo a su cobertura en globales y domesticos. Un sistema será global cuando su transmisión cubra todo el espacio sobre la tierra, de acuerdo a la línea de vista desde el satélite. En la practica un 40% de la superficie de la tierra es “vista” desde un satélite geoestacionario. Un satélite será de cobertura domestica cuando su transmisión cubra solo una área especifica que puede ser grande o pequeña según sean los requerimientos (por ejemplo un país). Aquí debemos incluir un tipo de satélite con cobertura intermedia entre la global y la domestica es decir los “regionales” cuyo objetivo es cubrir varias zonas especificas, un ejemplo de estos son los Solidaridad I y II de México con cobertura en América Central y del Sur, así como Estados Unidos parcialmente. Técnicamente la diferencia entre un satélite y otro es solamente la antena que es la que define el tipo de cobertura.

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES POR SATELITE DE GRAN ALTURA GEOESTACIONARIOS (SINCRONOS)

Satélites de gran altura, el satélite de comunicaciones. Conviene resaltar, que los satélites de comunicación actuales son satélites activos, geoestacionarios con cobertura tanto global como doméstica o regional. En base a esto, ubiquemos primero la posición que debe guardar el satélite en el espacio para luego pasar a la explicación de la forma en que se establece la comunicación por satélite, el proceso que sufre la señal, las bandas de frecuencia utilizadas, etc.

De acuerdo con las definiciones, sistemas de gran altura son aquellos en que los satélites están colocados en órbitas cuyas distancias desde la superficie de la tierra superan los 20,000 km.

Como un caso particular tomaremos el proyecto "Syncom" por ser este sistema un caso típico, además de pertenecer a los llamados satélites de gran altura (36,000 km. aproximadamente). Se le llamo "Syncom" porque tiene una velocidad angular igual a la rotación de la tierra, en consecuencia se mantiene casi estacionario en un determinado punto del espacio elegido convenientemente a fin de satisfacer los objetivos planteados. Las dos ventajas fundamentales que ofrece este sistema, son:

- a). Permiten el uso de antenas terrestres estacionarias.
- b). El satélite es visible desde casi la mitad de la superficie terrestre.

El experimento "Syncom" colocó un satélite aproximadamente a 36,000 km. arriba del ecuador de la tierra y apuntó a la dirección de avance del satélite a lo largo de una línea idéntica a la de rotación de la tierra sobre su eje. Controlando cuidadosamente (desde la tierra a través de sistemas de mando por radio) la velocidad de avance del satélite y sincronizando la velocidad de rotación de la tierra sobre su eje, el satélite alcanzó lo que se conoce como órbita geoestacionaria. Esto es, el satélite al frente con la misma velocidad que la tierra sobre su eje, y esto significa que para una estación transmitiendo o recibiendo localizada en la tierra, el satélite siempre estará situado en el mismo punto relativo en el cielo.

Periodo orbital. En este sistema el satélite conserva una órbita ecuatorial de aproximadamente 24 horas, de periodo orbital. Este periodo orbital, para el caso de una órbita circular, se encuentra definido por la ley de Kepler, que enuncia lo siguiente:

$$P_o^2 = 4(\pi)^2 (R+h)^3 / \mu$$

donde:

P_o = periodo orbital (seg.)

R = radio de la tierra (m)

h = altura del satélite (m)

μ = constante de Kepler

El valor de la constante de Kepler es $(3.99 \times 10$

Ecuación derivada de los criterios de equilibrio entre las fuerzas centrífugas y de atracción gravitacional. Para un periodo orbital aproximadamente de 24 horas, el satélite se encuentra en una altura aproximada de 35,890 km., tomando automáticamente la condición estacionaria, para un observador desde la tierra. El periodo relativo se determina por la relación siguiente:

$$P = \frac{24P_o}{24 - P_o}$$

Donde P esta definido como un periodo relativo. Se observa en esta ecuación que el periodo relativo de un satélite de periodo orbital de 24 horas es infinitos.

La órbita geoestacionaria. En resumen, las condiciones para que el satélite guarde una órbita geoestacionaria 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 35,890 km.
4. El satélite debe desplazarse en el mismo sentido de rotación de la tierra.

Al cumplir con estas condiciones se logra un periodo de 24 horas lo cual aunado a la órbita ecuatorial alrededor del mismo eje de rotación de la tierra permite la sincronización y por lo tanto la órbita geoestacionaria la cual es derivada de los criterios de equilibrio entre la fuerza centrífuga y de la atracción 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 subsistemas de propulsión son los encargados de realizar estas maniobras. Los motores de maniobra y operación son alimentados normalmente por combustibles que operan propulsores químicos, el mas utilizado es la de Hidrazina Monopropelente aunque la tendencia apunta hacia la utilización de sistemas bipropelentes.

Perdidas de transmisión y asignación de frecuencias. Los satélites en general, como parte de un sistema de comunicaciones, tienen como finalidad retransmitir las señales enviadas desde la tierra. Para el caso de los satélites geoestacionarios, por la distancia que conservan con respecto a la tierra requieren de dispositivos adicionales que permitan compensar las pérdidas ocasionadas en el espacio libre.

Se puede observar en la ecuación siguiente que la potencia recibida desde una estación terrena espacial (satélite), es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia o inversamente proporcional a las pérdidas en el espacio libre.

$$P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

donde

P_t = Potencia de transmisión

G_t = Ganancia de antena de transmisión

G_r = Ganancia de antena de recepción

λ = Longitud de onda

d = Distancia entre satélite y estación terrena

$(4\pi d/\lambda)^2$ = Determina las pérdidas en el espacio libre.

Dispositivos activos, como amplificadores a diodo túnel, GaAsFET, y tubos de onda progresiva de alto y bajo nivel, permiten compensar las pérdidas en el espacio libre mencionadas. Se incluyen, además de este tipo de

dispositivos, osciladores y mezcladores para transponder o abrir las frecuencias recibidas de las transmisiones, con objeto de evitar interferencias sufridas en el satélite por el uso de una misma frecuencia para transmisión y recepción. De esta forma un satélite geostacionaria, como parte integral de un sistema de comunicaciones, tiene la siguiente características:

$$F_t \neq F_r$$

donde:

F_t = Frecuencia de transmisión

F_r = Frecuencia de recepción

Los satélites en general, tienen como finalidad retransmitir las señales enviadas desde la tierra (señal up-link), para retórnalas en otra banda de frecuencias (señal down-link). Las bandas mas utilizadas son las siguientes:

	Banda C Mhz	Banda Ku Mhz	Banda Ka Mhz
Ascendente (up-link)	5,925-6,425	14,000 14,500	27,500-31,000
Descendente (down-link)	3,700-4,200	11,700-12,000	17,000-21,000

DESCRIPCION A CUADROS DE UN SATELITE TIPICO

El Intelsat III. Si bien, hemos escogido el satélite Intelsat III como modelo típico de un satélite de comunicaciones, su diagrama y descripción son validos para otros satélites, incluyendo los de modelos diferentes y de mas capacidad como los actuales. A lo largo de la explicación se harán los comentarios correspondientes para hacer posible esto.

La figura muestra el diagrama a cuadros de un satélite de la serie Intelsat III donde la ruta de transmición-recepción se conoce con el nombre de transponder el cual recibe las portadoras de radiofrecuencia (RF) en el orden de los 6 Ghz y las convierte a 4 Ghz amplificadas antes de ser retransmitidas, con objeto de aumentar la potencia de transmisión en el satélite por asignación a cada transponder de una fracción de la banda total.

La evaluación general de funcionamiento del equipo montado en el satélite, así como el control del mismo, son factores importantes para predecir su tiempo de vida útil. Estos datos son conocidos en la tierra a través de una estación monitorea denominada de telecomando y control cuya función es interpretar las señales de telecomando y control recibidas desde el satélite transferir codificadas las instrucciones necesarias para corregir un desarrollo anormal imprevisto.

Haciendo referencia a la figura, estas señales son recibidas por la antena omnidireccional del satélite (antena de monitoreo), pasan por el amplificador a diodo túnel, o el convertidor de frecuencias (formado por el mezclador y el oscilador local) y el tubo de ondas progresivas de baja potencia, e insertadas al decodificador de telecomando, a través de un filtro acoplador. Ahí son procesadas antes de aplicarse al circuito de control que puede ser el encendido del motor de apogeo para corregir la órbita, encender un amplificador a tubo de ondas progresivas, etc.

Haciendo referencia a la misma figura a continuación se delinea el funcionamiento básico de los componentes utilizados en la trayectoria de la señal de comunicaciones.

a). Antena. Las señales de comunicaciones enviadas desde la estación terrena en frecuencia del orden de los 6 Ghz son recibidas por la antena

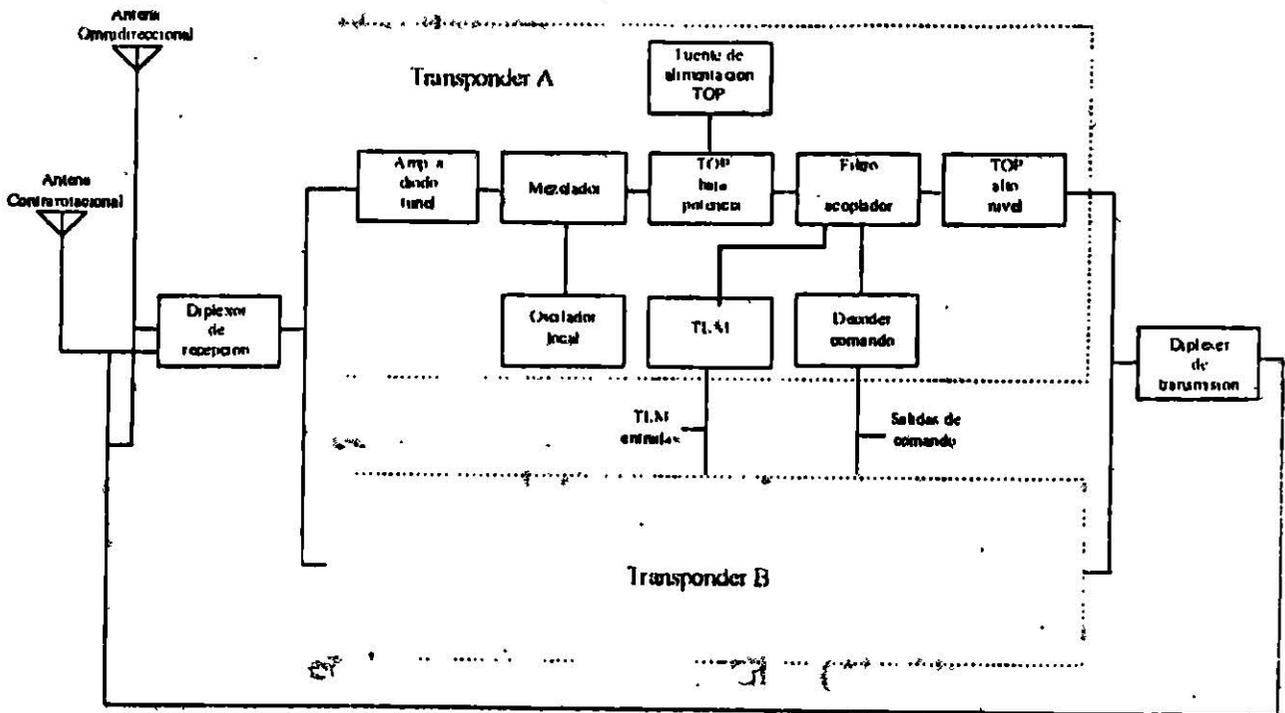


Figura a cuadros de un satélite.

contrarrotacional (este sistema de antenas permiten mayor estabilidad al satélite) y pasadas al dplexer de recepcion.

Debemos aclarar aquí, que el satélite Itelsat III fue un satélite de cuerpo cilindrico estabilizado por giro (semejante a los Morelos mexicanos) lo que consecuentemente obliga a utilizar una antena contrarrotacional, con giro

contrario al satélite para poderla orientar. Aunque estamos describiendo el Intelsat III, el diagrama es valido, como se menciono anteriormente, para un satélite cualquiera de los actuales solo con la consideración, en este punto, de que la antena no seria contrarrotacional para un modelo de cuerpo cubico con aletas donde solo nos referíamos a la antena como la "antena de comunicaciones" para diferenciarla de la de monitoreo (la omnidireccional).

b). Diplexer de recepción. En el diplexer de recepción son separadas las diferentes bandas (o portadoras) de comunicacion para ser alimentadas a su respectivo transponder o canal.

c) Amplificador a diodo túnel. Siguiendo la trayectoria de la señal de un transponder, observamos que esta es amplificada en el amplificador a diodo túnel que tiene aproximadamente 31 dB de ganancia y una figura de ruido de 4.3 dB.

Nuevamente debemos de mencionar aquí, que si queremos generalizar el diagrama, es conveniente referirnos a este de amplificador como un LNA (amplificador de bajo ruido) y considerar que en la mayoría de los satélites modernos se utilizan como dispositivos activos los transistores de efecto de campo de arseniuro de galio o GaAsFET.

d) Mezclador. En esta parte son mezcladas las señales de 6 Ghz, para convertirlas en señales de orden de los 4 Ghz. (Abatidas o transpuestas 2225 Mhz en banda "C"), en esta misma parte se cuentan con filtros que eliminan las señales espurias indeseables, producto de la mezcla, permitiendo el acceso al amplificador de tubo de ondas progresivas (TWT) a las señales útiles de comunicaciones.

En el caso de que la banda utilizada fuera la banda "Ku" el cambio de frecuencia en el mezclador es de 2300 Mhz. En cualquiera de los casos observe que la frecuencia de bajada siempre será menor que la subida. Esto es así por el hecho de que la señal de bajada esta limitada en cuanto a su potencia por la capacidad de las celdas solares que son la única fuente de energía eléctrica disponibles en el satélite y considerando que a mayor frecuencia existen mas perdida de propagación es preferible seleccionar la que tenga menos perdidas (la de menor frecuencia) para la bajada y lograr que llegue tierra con un mayor nivel de potencia que si se escogiera la de mayor de frecuencia. En el caso de

la señal de subida, el problema no es tan crítico ya que en tierra se dispone de otras fuentes de energía para, previamente, compensar las posibles pérdidas.

e). Tubo de ondas progresivas de baja potencia. Las señales de comunicaciones son amplificadas en esta parte del equipo.

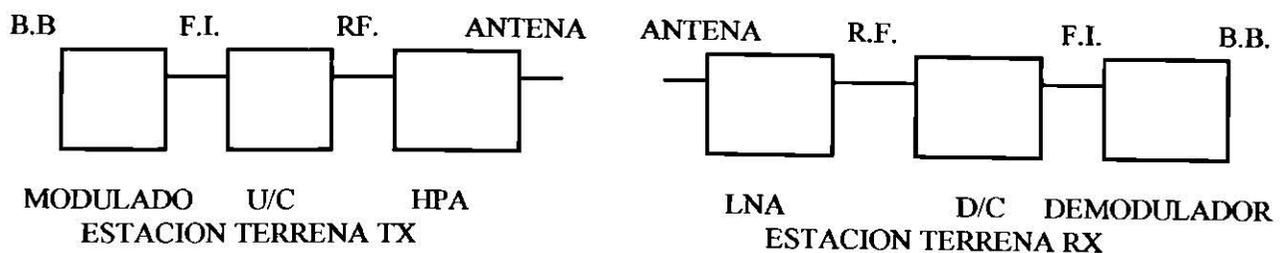
f). Tubo de ondas progresivas de alta potencia. Aquí las señales de comunicación son finalmente amplificadas al nivel adecuado de transmisión.

Nota: Ambos tubos de ondas progresivas pueden ser agrupados en un solo cuadro designado como HPA (amplificador de alta potencia). En algunos sistemas modernos este amplificador está constituido de dispositivos de estado sólido.

g). Diplexer de transmisión. Las señales de todos los transponders son combinados para ser alimentadas a la antena de comunicaciones que se encargará de transmitir la información hacia la tierra.

EL ENLACE TIERRA-SATELITE-TIERRA

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



Estación terrena transmisora.

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

La señal de información (telefonía, televisión, información digital, etc.), es recibida por el equipo transmisor de satélite en tierra una vez que, previamente es agrupada adecuadamente mediante la multiplexión en la forma de señal de banda base (BB), para ser alimentada al modulador. Este modulador opera a una frecuencia estándar de 70 Mhz llamada frecuencia intermedia (FI) la cual es modulada en frecuencia por la banda base. La señal de FI (modulada), es posteriormente elevada al rango de microondas (ejemplo 6 Ghz en banda C), 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 la potencia suficiente.

La señal de microondas es alimentada a la antena, la que concentra la energía dirigiéndola hacia el satélite.

Satélite de radiocomunicación.

- Antena de la recepción.
- Amplificador de bajo nivel de ruido (LNA).
- Convertidor de frecuencia (Trasladador de Banda).
- Amplificador de potencia (HPA).
- Antena lado de transmisión.

Al llegar la señal al satélite, es captada por la antena de recepción la cual la alimenta a un amplificador de bajo nivel de ruido (LNA) el cual amplifica la microondas para luego, en el convertidor, bajar su frecuencia al rango de la banda "Down-Link" (Ejemplo al rango de 4 Ghz en banda C). Una vez trasladada la frecuencia, la señal será amplificada en el HPA y enviada de nuevo hacia la tierra por la antena de transmisión. Esta antena, en ocasiones, es la misma que la recepción.

Estación terrena receptora.

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

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

BIBLIOGRAFIA:

Satélites de comunicaciones.
Rodolfo Neri Vela.

Diseño de enlaces de comunicacion vía satélite.
Ing. Fernando Estrada Salazar.

