



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGON**

**“ PRINCIPIOS DE REDES
INALÁMBRICAS Y SU APLICACIÓN
EN LA COMUNICACIÓN
SATELITAL ”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN COMPUTACION
PRESENTA:**

OCTAVIO HERNÁNDEZ CRUZ

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
PRESENTA:**

CESAR VILLALBA VISUET



ASESOR: ING. ENRIQUE GARCIA GUZMAN

MEXICO , 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por darnos la oportunidad de vivir e iluminarnos para seguir adelante, para poder enfrentarnos al mundo y concluir esta meta para iniciar otras; por permitir a mis padres ver el fruto de su esfuerzo.

A MIS PADRES:

Por su gran fortaleza, por su inmenso amor incondicional e incansable apoyo, por estar con nosotros en todo momento y por su gran esfuerzo para sacar adelante a sus hijos; **felicidades... padres ejemplares.**

A MIS HERMANOS:

Por su amor y su gran apoyo que ha hecho posible el termino de mi carrera profesional; **gracias.**

A MI ESPOSA:

Por su amor, por su apoyo y comprensión que ha sido parte importante en la realización de mis propósitos y logros.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO:

Por brindarnos un espacio dentro de ella y a los profesores que depositaron en nosotros conocimientos.

AL ING. ENRIQUE GARCIA GUZMAN

Asesor de la presente tesis por compartirme sus conocimientos.

A LOS PROFESORES:

Que revisaron el trabajo, por su colaboración y empeño en todo lo que realizan.

AGRADECIMIENTOS

AL LA UNIVERISDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

En especial a la Facultad de Estudios Superiores Aragón, maestros y catedráticos que me ayudaron a mi formación profesional

AL ING. ENRIQUE GARCIA GUZMAN

Asesor de la presente tesis por compartirme sus conocimientos

A MIS PADRES

Le dedico la realización de la presente tesis a mis padres Ma. Del Carmen Visuet Hernández y Gregorio Rodríguez Martínez. A mi madre por hacer hasta lo imposible para que pudiera estudiar y lograr mis metas, por su apoyo, comprensión y confianza en mí.

AL HONORABLE JURADO

Que se interesó en mi tema y examinará esta tesis.

CESAR VILLALBA VISUET

| | TEMA | PÁGINA |
|--------|---|--------|
| INDICE | | |
| | INTRODUCCION | 1 |
| | CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN A REDES INALÁMBRICAS | 4 |
| 1.1 | Introducción | 4 |
| 1.1.1 | Objetivos de una red | 4 |
| 1.1.2 | Clasificación de redes | 5 |
| 1.1.3 | Beneficios del trabajo en red | 7 |
| 1.1.4 | Desventajas de trabajo en red | 7 |
| 1.2 | Tecnología inalámbrica | 8 |
| 1.3 | Características de redes inalámbricas | 9 |
| 1.4 | Elementos básicos de una red inalámbrica | 9 |
| 1.5 | Funcionamiento de redes inalámbricas | 10 |
| 1.6 | Señales inalámbricas | 11 |
| 1.7 | Tipos de redes inalámbricas | 12 |
| 1.8 | Configuraciones de red para radiofrecuencia | 15 |
| 1.9 | Frecuencias inalámbricas | 16 |
| 1.10 | Seguridad | 19 |
| 1.11 | El hardware en redes inalámbricas | 19 |
| 1.12 | Visión a futuro de las redes inalámbricas | 22 |
| | CAPÍTULO II: TRANSMISIÓN DE DATOS EN RED INALÁMBRICA | 21 |
| 2.1 | Introducción | 21 |
| 2.2 | Espectro electromagnético | 27 |
| 2.3 | Transmisión de ondas de radio | 29 |
| 2.3.1 | Propagación por onda terrestre | 30 |
| 2.3.2 | Propagación en línea recta | 31 |
| 2.3.3 | Propagación por onda espacial | 31 |
| 2.3.4 | Comportamiento de la ionósfera | 32 |
| 2.4 | Transmisión de microondas | 37 |
| 2.5 | Ondas infrarrojas y milimétricas | 38 |

Principios de redes inalámbricas y su aplicación en la comunicación satelital

| | | |
|---------|---|----|
| 2.6 | Transmisión en el espectro visible | 39 |
| 2.7 | Aplicaciones móviles | 40 |
| 2.7.1 | Breve cronología | 41 |
| 2.7.2 | Concepto | 42 |
| 2.7.3 | Aplicaciones móviles sobre dispositivos PDA | 43 |
| 2.7.3.1 | Características de los entornos móviles | 44 |
| 2.7.3.2 | Latencia de residencia | 45 |
| 2.7.3.3 | Redes Inalámbricas vs Redes Fijas. | 45 |
| 2.7.4 | Ventajas | 45 |
| 2.7.5 | Algunas observaciones | 46 |

CAPÍTULO III: COMUNICACIÓN SATELITAL 48

| | | |
|-----------|--|----|
| 3.1 | Introducción a la comunicación satelital | 48 |
| 3.2 | Radio celular | 48 |
| 3.2.1 | Sistema Paging | 49 |
| 3.2.2 | Telefonía inalámbrica | 51 |
| 3.2.3 | Sistema de telefonía celular | 52 |
| 3.2.3.1 | Definición | 52 |
| 3.2.3.2 | Antecedentes históricos | 53 |
| 3.2.3.3 | Características | 53 |
| 3.2.3.4 | Estándares | 54 |
| 3.2.3.5 | Configuración de una red celular | 56 |
| 3.2.3.5.1 | Centro de Conmutación móvil | 57 |
| 3.2.3.5.2 | Estaciones base | 57 |
| 3.2.3.5.3 | Estaciones móviles | 59 |
| 3.2.3.5.4 | Red de interconexión | 60 |
| 3.3 | Comunicaciones satelitales | 60 |
| 3.3.1 | Definición de satélite | 60 |
| 3.3.2 | Órbita geoestacionaria | 61 |
| 3.4 | Ordenamiento de frecuencias | 64 |

CAPÍTULO IV: ESTRUCTURA DE UN SATÉLITE 66

| | | |
|-----|-------------------------------------|----|
| 4.1 | Espectro de frecuencias de satélite | 66 |
|-----|-------------------------------------|----|

| <u>Principios de redes inalámbricas y su aplicación en la comunicación satelital</u> | | |
|--|---|-----|
| 4.2 | Estructura y funcionamiento de un satélite | 66 |
| 4.3 | Estructura y funcionamiento de una estación terrestre | 73 |
| 4.3.1 | Conversión de frecuencia, demodulación y calidad de recepción | 77 |
| 4.3.2 | Aspectos prácticos de la comunicación satelital | 77 |
| 4.4 | ¿qué es un satélite? | 78 |
| CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE LA COMUNICACIÓN SATELITAL | | 87 |
| 5.1 | Introducción | 87 |
| 5.2 | Comunicación vía microondas | 88 |
| 5.3 | Antenas y torres de microondas | 88 |
| 5.4 | Comunicación por satélite | 91 |
| CONCLUSIÓN | | 116 |
| GLOSARIO | | 119 |
| BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES | | 124 |

INTRODUCCIÓN

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas, es la de poder comunicar computadoras mediante tecnología inalámbrica.

La conexión de computadoras mediante ondas de radio o luz infrarroja, actualmente se está investigando ampliamente. La razón de ello son las grandes ventajas que ofrece la comunicación sin cables. Entre los beneficios que ofrece este tipo de transmisión de información, está el de facilitar la operación en lugares en donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar; ejemplos de ello son los almacenes y las oficinas que se encuentran en varios pisos de un solo edificio.

Su utilidad hace posibles diversos sistemas informáticos. Sin embargo, la comunicación inalámbrica continúa en evolución y tiene aún diversos problemas; así, es necesario resolver varios obstáculos técnicos y de regulación antes de que las redes inalámbricas sean utilizadas de una manera general en los sistemas de cómputo de la actualidad.

Una de las incógnitas más usadas por los científicos es:

¿El hardware debe adaptarse al software, o al revés?

Esta incógnita nos lleva al hecho de que la tecnología avanza tanto a un nivel de hardware como de software y se trata de determinar qué es lo más importante, puesto que ambas cosas son indispensables para un sistema; si bien un sistema inalámbrico carece de cables, también debe tener dispositivos específicos que le permitan trabajar sin ellos.

Por supuesto, no se espera que una nueva tecnología inalámbrica compita agresivamente con la actual; más bien, que la complemente y con ello, se logran alcances que la sola tecnología actual no ha llegado a cubrir.

De esa manera, la tecnología inalámbrica y la cableada se pueden mezclar, creando una “red híbrida” y con esto lograr salvar obstáculos que se ven difíciles de franquear. En este sentido, la recomendación es la de tomar al sistema cableado como la parte principal, y al inalámbrica como auxiliar, que proporcione características valiosas como movilidad y desplazamiento.

Se sabe que existen diversas categorías de redes inalámbricas: de larga distancia y de corta distancia. La primera se refiere a la comunicación a larga distancia, hablando de localidades, ciudades, etcétera. Mientras que la red de corta distancia se limita a computadores establecidos en un solo edificio o en edificios cercanos.

Cabe mencionar que el uso de redes inalámbrica está en crecimiento; una de sus principales aplicaciones es la telefonía celular; en este trabajo hablaremos un poco de este tipo de aplicación de redes sin cables, pero debemos mencionar que no es nuestro tema principal.

Dentro del presente trabajo manejaremos una visión general acerca del uso de las redes inalámbricas para uso de muy larga distancia: la comunicación satelital.

En este marco, es mucha la información que existe y va desde lo general hasta lo específico. Por supuesto, el manejo de esta tecnología a tan grandes dimensiones es todo un reto principalmente la implantación y mantenimiento de manera real. Esto se debe principalmente a las necesidades de los usuarios.

Finalmente, esperamos que este trabajo pueda ser de utilidad, aclarando que no es un manual ni una guía a seguir, sino que pretende ser parte complementaria de información aplicativa.

CAPÍTULO I:

INTRODUCCIÓN A REDES INALÁMBRICAS

1.1 Introducción

Se conoce como red informática, al conjunto de computadoras interconectadas entre sí; independientemente del medio que se utilice para el enlace (cables, ondas de radio).

1.1.1 Objetivos de una red

El principal propósito de armar una red consiste en que todas las computadoras que forman parte de ella se encuentren en condiciones de compartir su información y sus recursos con las demás. El beneficio de esto es el ahorro económico y la facilidad en la comunicación y el intercambio de la información.

Los recursos que se pueden compartir en una red son:

- ⇒ Procesador y memoria RAM.
- ⇒ Unidades de disco (disco duro, disco flexible, CD-ROM/DVD-ROM).
- ⇒ Impresoras.
- ⇒ Fax.
- ⇒ Módem.
- ⇒ Conexión a Internet

También es posible compartir la información que se encuentra almacenada en la memoria particular de cada computador de la red, esta información puede ser:

- ⇒ Ejecución remota de programas de aplicación.
- ⇒ Bases de datos.
- ⇒ Documentos (archivos de texto, de imagen, de sonido, de vídeo, etcétera).
- ⇒ Directorios o carpetas.

Un beneficio que cabe mencionar en las redes informáticas es que ofrece una interfaz de comunicación a todos los usuarios; para ello, se tienen funciones tales como el correo electrónico y el Chat, por mencionar algunas.

1.1.2 Clasificación de redes

Básicamente, existen dos tipos de redes, de acuerdo con su ubicación:

- ⇒ Redes de área local (LAN).
- ⇒ Redes de área amplia (WAN).

Las redes de área local o LAN (Local Area Network, por sus siglas en inglés) son aquellas cuyas computadoras se encuentran cerca unas de otras; ejemplos claros de ellas son los cibercafés, centros de cómputo, entre otras. Los ordenadores se encuentran en la misma habitación, en un mismo edificio o en lugares muy cercanos.

Un esquema clásico de una red LAN se muestra en la figura 1.1

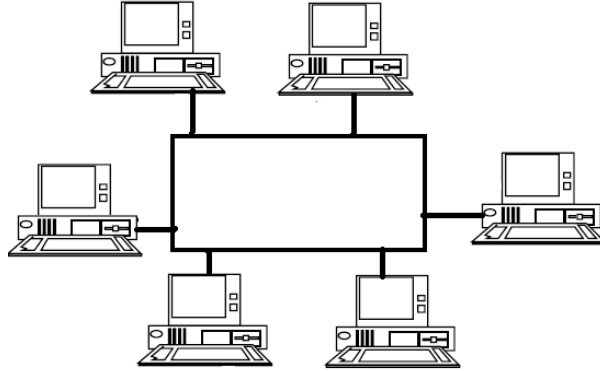


Figura 1.1 Esquema de una red LAN

Las redes de área extensa o WAN (Wide Area Network, por sus siglas en inglés) tienen las computadoras situadas en lugares distantes, como diferentes ciudades, provincias, regiones, países, continentes; también pueden estar en una misma ciudad, en edificios lejanos entre sí.

Por lo general, utilizan la línea telefónica para conectarse entre sí, aprovechando la infraestructura lograda por Internet.

No obstante, Las empresas más importantes a nivel mundial, unen las computadoras de su red, mediante una conexión satelital, con la finalidad de abarcar el mayor número posible de países.

Un esquema de este tipo de conexión lo podemos observar en la figura 1.2

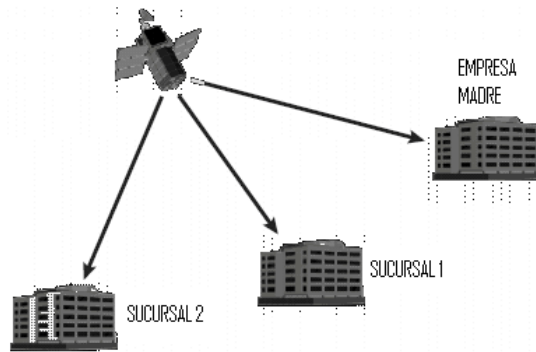


Figura 1.2 Esquema de una red WAN con comunicación satelital

1.1.3 Beneficios del trabajo en red

Las ventajas de compartir los recursos de la computadora son:

- ⇒ Disminución del costo de hardware
- ⇒ Actualización eficiente y rápida
- ⇒ Administración y comunicación de empleados
- ⇒ Seguridad

1.1.4 Desventajas de trabajo en red

Algo que cabe mencionar, es el hecho de que las redes ofrecen muchas ventajas en el uso y manejo de la información, pero también se tienen tropiezos al utilizar este medio de comunicación; entre éstos podemos mencionar los siguientes:

- ⇒ Alto coste en la inversión inicial.
- ⇒ Capacitación de personal.
- ⇒ Problemas de adaptación al nuevo clima laboral.

1.2 Tecnología inalámbrica

La comunicación inalámbrica va avanzando a través del tiempo; diversos fabricantes las han podido incluir en el mercado de consumo con muy buenos resultados.

De una forma callada, las redes inalámbricas o WN (Wireless Networks, por sus siglas en inglés) se están introduciendo en el mercado de consumo gracias a unos precios populares y a un conjunto de entusiastas, principalmente particulares, que han visto las enormes posibilidades de esta tecnología.

Algunas de las nuevas tecnologías que han proliferado en los últimos años son:

- WIFI
- WIMAX
- GSM
- Bluetooth
- Infrarrojos (IrDA)

Los dispositivos inalámbricos constituyen una de las grandes revoluciones de este siglo; esto es, en el uso de las tecnologías de la información.

Las redes inalámbricas son aquellas que carecen de cables físicos en su conexión; la sustitución del cableado en general, se logró gracias a las ondas de radio y su aplicación. Sin embargo, su creación tardó varios años de búsqueda

Esta tecnología facilita el acceso a los recursos en lugares en donde se imposibilita el uso de cables (como zonas rurales, en las que difícilmente tienen servicios).

Por otro lado, este tipo de red puede ampliar una red existente y facilitar el acceso a usuarios que se encuentren en algún lugar remoto, sin la necesidad de conectar sus computadoras a un hub o a un switch por intermedio de cables; estos usuarios podrían acceder a la red de su empresa o a la computadora de su casa en forma inalámbrica y sin configuraciones adicionales.

1.3 Características de redes inalámbricas

Una de las principales características de las redes inalámbricas (Wireless) es la movilidad; esto es, que los usuarios no necesitan estar pegados al escritorio de su oficina para realizar su trabajo.

Otra característica es que no necesitan de cableado físico para su implantación. Además, son muy fáciles de adquirir; no obstante, difíciles de configurar y proteger. Lo anterior puede hacer a muchos desistir de su implementación; sin embargo, las redes inalámbricas resultan muy útiles de acuerdo al tipo de trabajo e instalaciones.

1.4 Elementos básicos de una red inalámbrica

Los elementos básicos que se pueden enumerar de una red inalámbrica son:

- ⇒ Puntos de acceso. Son dispositivos inalámbricos centrales de una red Wireless, que, por medio de ondas de radiofrecuencia, recibe información de diferentes dispositivos móviles.

- ⇒ Dispositivos móviles. Hay diversos dispositivos móviles, como: computadores, PDAs, teléfonos celulares. Generalmente, los dispositivos móviles tienen instaladas tarjetas PCMCIA o dispositivos USB con capacidades WI-FI y pueden recibir o enviar información a los puntos de acceso o a otros dispositivos de manera inalámbrica.

- ⇒ Dispositivos fijos. Entre los dispositivos fijos podemos encontrar: Computadoras fijas, cámaras de vigilancia, etcétera; que pueden incorporar tecnología Wi-Fi y, por tanto, ser parte de una red inalámbrica.

- ⇒ Otros elementos. También existen otros elementos como amplificadores y antenas que se pueden agregar, según los requerimientos, a instalaciones inalámbricas, y sirven para direccionar y mejorar las señales de radio-frecuencia transmitidas.

1.5 Funcionamiento de redes inalámbricas

En la actualidad, nos hemos acostumbrado mucho al uso y manejo de la tecnología inalámbrica, mediante laptop, agenda electrónica, etcétera; sin embargo, son muy pocas las personas que saben como funciona.

Comencemos diciendo que, para transportar la información de un punto a otro de la red sin necesidad de un medio físico, se utilizan ondas de radio (ondas portadoras de radio sobre las que se transporta la información, trasladando la energía a un receptor remoto).

La transmisión de datos entre dos computadoras se realiza por medio de un proceso llamado modulación de la portadora.

Dentro de este proceso, el dispositivo transmisor agrega datos a una onda de radio (onda portadora); esta onda, al llegar a receptor, es analizada por éste, el cual separa los datos útiles de los innecesarios.

Una frecuencia de radio es la parte del espectro electromagnético donde se generan ondas electromagnéticas mediante la aplicación de corriente alterna a una antena. Si las ondas son transmitidas a distintas frecuencia de radio, varias ondas portadoras pueden subsistir en igual tiempo y espacio sin que existan interferencias entre ellas.

Para extraer los datos, el receptor debe situarse en una determinada frecuencia (frecuencia portadora) e ignorar el resto.

Visto de manera esquemática, podemos ver la transmisión en un diagrama de bloques en la figura 1.3.

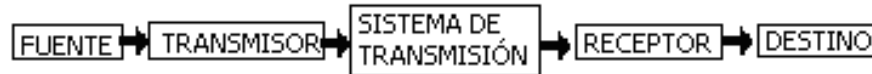


Figura 1.3 Diagrama de bloques de la transmisión de información

En donde:

- ⇒ La fuente es el dispositivo que genera los datos que serán transmitidos; éste puede ser una terminal o un servidor.
- ⇒ Los transmisores emiten señales generadas por las fuentes; en ocasiones se requiere de convertidores analógico/digital o digital/analógico para modularlas
- ⇒ El sistema de transmisión es la vía o canal por donde viaja la información.
- ⇒ El receptor es un controlador que recibe las señales analógicas y las convierte en digitales.
- ⇒ El destino sólo recibe información proveniente de la fuente.

1.6 Señales inalámbricas

Las primeras redes inalámbricas conocidas fueron las infrarrojas, que trabajaban con frecuencias de radiación electromagnética más bajas que las actuales redes Wireless .

No obstante que este tipo de redes aún existe, tiene el inconveniente de requerir que no exista casi ningún obstáculo entre un dispositivo y otro para lograr una buena comunicación entre ellos.

En cambio, las actuales redes inalámbricas, han solucionado este inconveniente, en gran medida, permitiendo, incluso, la comunicación entre dos computadoras, sin importar los obstáculos físicos entre ellas.

Algunos ejemplos de dispositivos que utilizan la tecnología infrarroja son:

- ⇒ Palm's
- ⇒ Teclados
- ⇒ Impresoras de red
- ⇒ Teléfonos celulares
- ⇒ Mouse
- ⇒ Agendas electrónicas

1.7 Tipos de redes inalámbricas

Las redes inalámbricas pueden clasificarse de acuerdo con diversos criterios: por la forma en que se pueden conectar, por el tipo de uso, por la distancia en la cobertura de comunicación.

Estos criterios de clasificación de redes inalámbricas se muestran en el cuadro sinóptico de la figura 1.4:

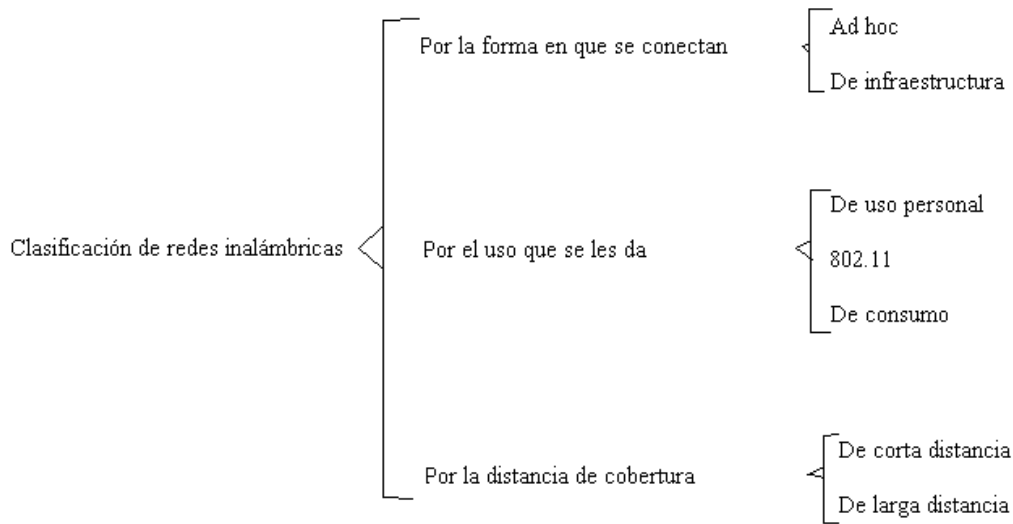


Figura 1.4 Cuadro sinóptico de los criterios de clasificación de redes inalámbricas

La clasificación más importante y más común es con respecto a la forma en que se conectan; en este sentido, podemos mencionar las topologías, como una forma de explicar mejor esta tecnología.

En la topología Ad hoc, Cada dispositivo se puede comunicar con todos los demás. Cada nodo forma parte de una red “de igual a igual”; para ello se necesita disponer de un SSID igual para todos los nodos y no sobrepasar un número razonable de dispositivos, puesto que haría bajar el rendimiento de la red.

Cabe mencionar que a mayor dispersión geográfica de cada nodo, mayor número de dispositivos pueden formar parte de la red, aún cuando algunos no lleguen a verse entre sí.

La figura 1.5 nos muestra un ejemplo gráfico de esta topología:



Figura 1.5 Topología Ad hoc

En la topología de Infraestructura, existe un nodo central o Punto de Acceso Wi Fi, que sirve de enlace para todos los demás. Este nodo sirve para encaminar tramas hacia una red convencional o hacia otras redes distintas.

Para poder establecer una comunicación entre los nodos, éstos deben de estar dentro de la zona de cobertura del Punto de Acceso (Access Point).

Lo anterior se muestra en la figura 1.6:



Figura 1.6 Topología de Infraestructura

1.8 Configuraciones de red para radiofrecuencia

Estas configuraciones pueden ser de diversos tipos; también pueden tener un grado de complejidad desde muy simple hasta muy compleja; esto, según se requiera.

Los ejemplos más comunes son las redes punto a punto y los roaming.

Una red punto a punto (peer to peer), consiste de dos computadoras equipadas con tarjetas adaptadoras inalámbricas, de tal manera que pueden hacer una red independiente. Esto tiene una limitante y es el hecho de que ambas computadoras deben de estar dentro del rango de cobertura de las tarjetas. En esta red, cada computadora tendrá acceso solamente a los recursos de la otra.

Un esquema gráfico de este tipo de red se muestra en la figura 1.7.

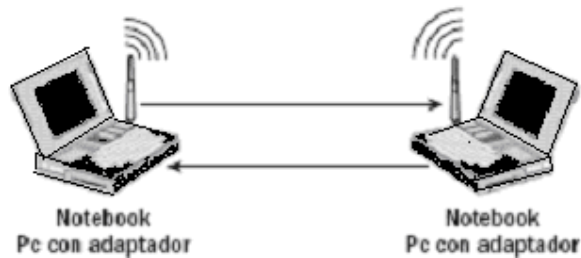


Figura 1.7 Representación de una red punto a punto

Por medio de la instalación de un repetidor llamado punto de acceso, es posible incrementar la distancia a la cual los dispositivos pueden comunicarse.

En zonas grandes, que puede ser una universidad o un edificio de oficinas, se hace necesaria la instalación de uno o más puntos de acceso para repetir la señal, con el objetivo de cubrir el área y dar a los clientes la facilidad de moverse sin cortes en la comunicación; a esto se le conoce como roaming.

Una representación de un roaming, se puede observar en la figura 1.8.

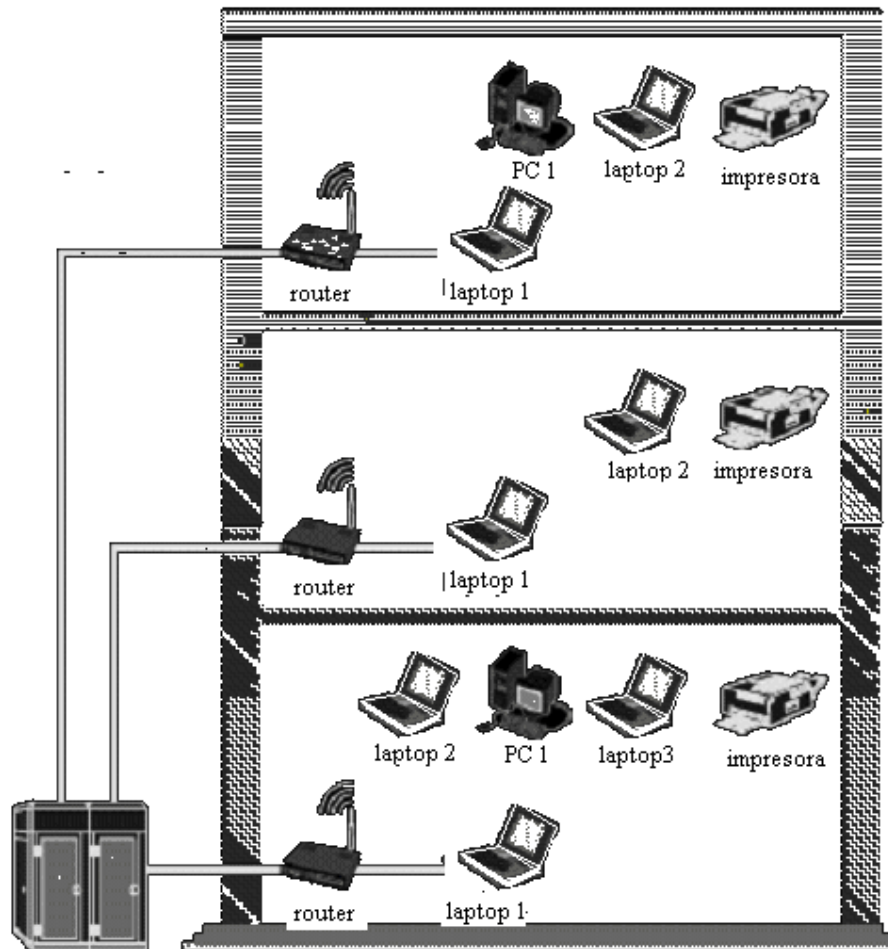


Figura 1.8 Representación de roaming

1.9 Frecuencias inalámbricas

Las bandas de frecuencia son el resultado de la división del espectro electromagnético, con el objeto de delimitar el acceso de usuarios a determinadas bandas.

En países como los Estados Unidos, las bandas de frecuencias oscilan entre los 900 MHz y los 5 GHz.

Las bandas de frecuencia no requieren de una licencia para su uso, pero los equipos que las utilicen deben de estar certificados por las instituciones reguladoras en el país en cuestión. Los aparatos que no poseen esta licencia, utilizan una baja potencia y tiene muchas limitaciones en cuanto a alcance y es vulnerable altamente a las interferencias e intrusiones.

Las redes inalámbricas Wireless prevalecen en gran medida ante el problema de la línea de visión, ya que pasan a una frecuencia más alta que otros aparatos en el espectro electromagnético. Se encuentran muy por debajo del espectro de luz visible; gracias al uso de esta frecuencia, la longitud de onda es tan imperceptible que logra traspasar objetos sólidos.

Para entender un poco mejor lo anterior, se muestra en la figura 1.9 el rango de frecuencias común utilizado en diversos aparatos.

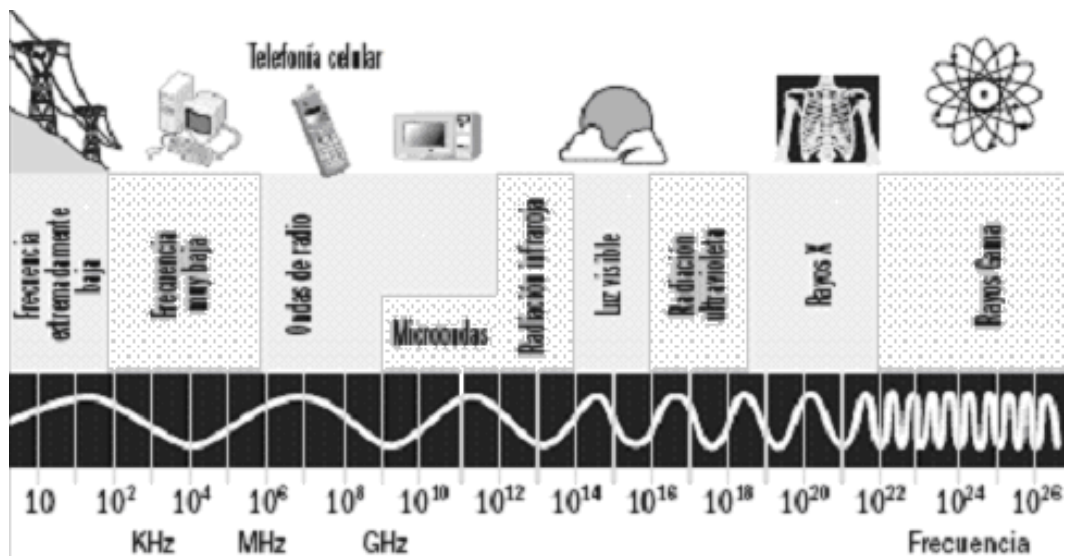


Figura 1.9 Espectro electromagnético

Por esta razón, las redes inalámbricas funcionan perfectamente sobre distancias cortas en espacios interiores, aunque hemos de aclarar que sí llegan a sufrir interferencias a causa de algunos materiales. Los materiales sólidos que más interfieren en las redes Wireless se observan en la figura 1.10.

| MATERIAL | EJEMPLO | INTERFERENCIA |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------|
| Madera | Tabiques | Baja |
| Vidrio | Ventanas | Baja |
| Asbesto | Techos | Baja |
| Yeso | Paredes interiores | Baja |
| Ladrillo | Paredes interiores y exteriores | Baja |
| Hojas | Árboles y plantas | Media |
| Agua | Lluvia / Niebla | Alta |
| Cerámica | Tejas | Alta |
| Papel | Rollos de papel | Alta |
| Vidrio con alto contenido en plomo | Ventanas | Alta |
| Metales | Vigas, armarios | Muy alta |

Figura 1.10 Materiales de interferencia en redes Wireless

Debido a que las redes inalámbricas operan en un espectro de frecuencias utilizado comúnmente por otras tecnologías, pueden encontrarse interferencias que influyan negativamente en el rendimiento de la red.

Algunas de las tecnologías más frecuentes en el hogar o la oficina y que pueden influir negativamente en la red son:

- ⇒ Bluetooth
- ⇒ Hornos de microondas
- ⇒ Algunos teléfonos inalámbricos, que operan a 2.4 GHz o más
- ⇒ Otras redes WLAN

1.10 Seguridad

En lugares en donde la densidad de población es alta, podemos llegar a encontrar un gran número de aparatos inalámbricos que están enviando señales al mismo tiempo y que pueden llegar a interferirse entre sí, ya que utilizan un rango de frecuencia similar.

Los dispositivos Wireless usan dos tipos de estrategias para resolver este inconveniente: El espectro extendido con salto de frecuencias (FH o FHSS). En este estándar, las frecuencias cambian alrededor de 1.600 veces por segundo. Este tipo de estándar posee un gran número de patrones de salto para que las redes que utilicen este espectro y se encuentren en un lugar cercano unas a otras, no tengan posibilidad de usar la misma frecuencia en forma simultánea.

El espectro extendido de frecuencia directa (DS o DSSS). Este espectro divide una franja del ancho de banda en canales separados y no transmite durante un largo tiempo en una misma frecuencia del canal. Debido a que utiliza canales distintos en una misma zona, hay redes que pueden llegar a solaparse sin que las señales de unas y otras se interfieran.

Estas dos formas de transmisión de espectro extendido resisten las interferencias, ya que no hay una sola frecuencia en uso constante.

El salto de frecuencia puede ser también resistente a la posibilidad de que nos espíen, ya que los patrones de salto pueden evitar casi todos los analizadores de espectro.

1.11 El hardware en redes inalámbricas

Para establecer una conexión de tipo inalámbrico, es necesario (por lo menos) realizar dos cosas:

- ⇒ Instalar placas de red inalámbricas en cada una de las PCs
- ⇒ Configurar un punto de acceso

Por razones de alcance del presente trabajo, no explicaremos la instalación ni la configuración.

Un punto de acceso es un dispositivo que permite ampliar el alcance de la señal entre las computadoras conectadas a la red, esto lo logra repitiendo la señal. Este dispositivo es colocado en un lugar estratégico para que los usuarios accedan a la red y a la información en cada una de las computadoras conectadas a ella a través de las placas de red conectadas a su computadora. Esto proporciona una interfaz entre el sistema operativo del usuario y las ondas mediante una antena.

La vista física de una placa de red o tarjeta de red, que utilizan algunos usuarios de las redes inalámbricas se muestran en la figura 1.11.

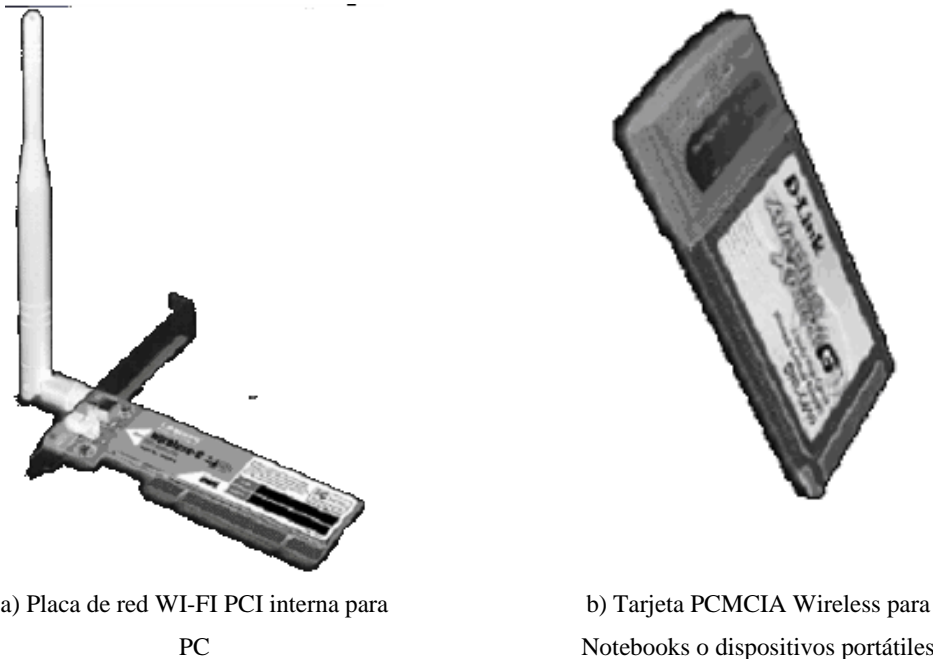


Figura 1.11 Vista física de algunas tarjetas de red

Ante el crecimiento de la tecnología Wi-Fi a un nivel más popular, las empresas fabricantes de dispositivos tecnológicos de redes no se quedaron atrás y comenzaron a producir aparatos con este tipo de tecnología.

Uno de los poseedores de estas características ventajosas, más usados, son los teléfonos celulares, con tecnología para conectarse a las redes caseras Wireless para compartir sus recursos y tomar de la red otros disponibles (como los tonos, música, paquetes de oficina, por ejemplo).

Otra de las novedades en esta tecnología Wireless, son los teclados; varios de los más modernos ya vienen sin cables y evitan la conexión cableada, lo que supone una ventaja; aunado a los teclados, están los mouses inalámbricos.

Por otro lado, las Palmtop y casi la mayoría de las nuevas PDAs ya poseen conexión inalámbrica; esto nos da la posibilidad de conectarnos a la red de amigos o empresas y compartir datos y recursos fácilmente, ya que es portable.

La gama de dispositivos inalámbricos va en aumento. En la figura 1.12 se pueden observar algunos de estos dispositivos.



a) Pocket PC Wireless de Compaq

b) Teclado y mouse inalámbricos; también el receptor de señal de ellos



Figura 1.12 Algunos dispositivos inalámbricos

1.12 Visión a futuro de las redes inalámbricas

Poco a poco, la IEEE pone en marcha nuevas iniciativas sobre sus diferentes aspectos. El número de iniciativas que se encuentran en funcionamiento actualmente, indica el esfuerzo que se le está dedicando y la apuesta importante que se lleva a cabo sobre ellas.

Algunos de los aspectos sobre los cuales se está trabajando, incluyen los siguientes puntos:

- ⇒ Calidad de servicio
- ⇒ Operación de bridges (puentes)
- ⇒ Interoperabilidad entre puntos de acceso
- ⇒ Extensiones a mayores anchos de banda

Aparte de las necesarias mejoras en cuanto a la seguridad, uno de los puntos más esperados es el estándar sobre calidad de servicio (QoS), que será el 802.11e, de carácter esencial para aplicaciones multimedia (como la videoconferencia o el vídeo bajo demanda).

Pase lo que pase, lo que resulta evidente es que las redes locales inalámbricas continuarán en auge en los mercados que pueden beneficiarse enormemente de ellas. Si así sucede, será indispensable incluirlas dentro de los programas de formación en tecnología de redes, de igual modo que en la actualidad todo gira alrededor de la Ethernet como punto de partida de una red local. Si realmente se convertirán en un punto de referencia, sólo el tiempo lo dirá.

CAPÍTULO II:

TRANSMISIÓN DE DATOS EN RED INALÁMBRICA

2.1 Introducción

Antes de entrar en materia, es importante la mención de los principios básicos para la transmisión inalámbrica, así como los conceptos elementales para tal materia; mismos que citaremos a continuación:

Dentro de lo que son los principios físicos básicos, podemos comenzar diciendo que “Cuando los electrones vibran, generan ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio libre”. Esta afirmación puede ser representada como se observa en la figura 2.1.



Figura 2.1 Representación de la generación de ondas electromagnéticas

El físico británico James Maxwell, en 1865, predijo el comportamiento de estas ondas, mientras que el alemán Heinrich Hertz, en 1887, produjo y observó las mismas; la visualización de una onda electromagnética, como la observó Hertz, se observa en la figura 2.2

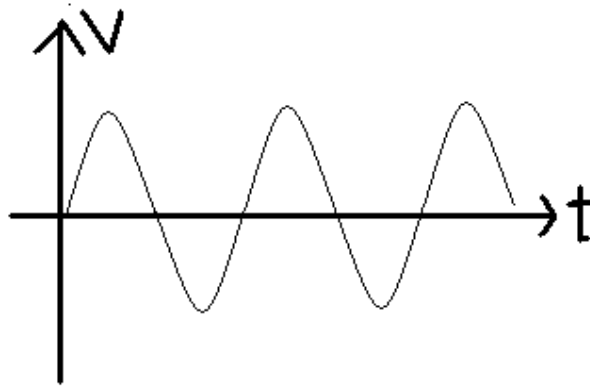


Figura 2.2 Onda electromagnética

Entre los conceptos básicos que deben mencionarse, encontramos:

- ⇒ Período
- ⇒ Frecuencia
- ⇒ Longitud de onda

Se define como período (T), al tiempo que le toma a una oscilación el completar un ciclo completo; es decir, es el tiempo que tarda una señal desde su inicio hasta que comienza a repetirse.

Entendemos como frecuencia (F) el número de oscilaciones de la señal en un segundo; el número de veces que se repite la señal en un segundo.

La longitud de onda (λ), es la distancia entre los mínimos y máximos. Lo anterior se muestra en la figura 2.3.

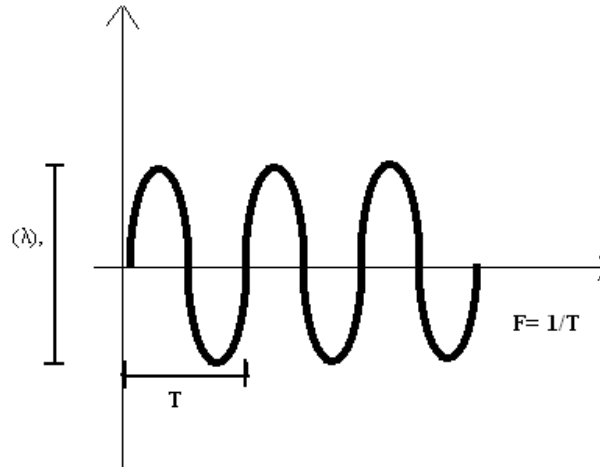


Figura 2.3 Relación gráfica entre frecuencia, periodo y longitud de onda

Para entender un poco mejor los elementos fundamentales, citaremos los siguientes puntos:

- ⇒ Adicionando una antena de un tamaño apropiado a un circuito eléctrico, las ondas electromagnéticas generadas pueden ser eficientemente radiadas en broadcast y recibidas por un receptor lejano.
- ⇒ Cuando se aplica potencia de radio-frecuencia a una antena, los electrones contenidos en el metal del cual son parte constituyente, comienzan a oscilar instantáneamente.
- ⇒ Los electrones en movimiento constituyen una corriente eléctrica que produce la aparición de un campo magnético concéntrico al conductor (una antena) y un campo electrostático cuyas líneas de fuerza son perpendiculares a las líneas de fuerza del campo magnético.
- ⇒ Cuando la onda senoidal fluye a través del conductor de la antena, los campos eléctricos y magnéticos resultantes varían en forma y valor siguiendo paso a paso las variaciones de la corriente que les da origen.

Cabe mencionar que todas las comunicaciones inalámbricas se basan en este principio.

“En el vacío, las ondas electromagnéticas se propagan a la misma velocidad (independientemente de su frecuencia): la velocidad de la luz”

$$(c = 3 \times 10^8 \text{ m/seg})$$

La velocidad de la luz es el límite último; ningún objeto o señal puede rebasarla. La relación fundamental entra f , λ y c , en el vacío, se puede representar por la fórmula:

$$\lambda f = c$$

2.2 Espectro electromagnético

El espectro electromagnético se define como el medio físico utilizado para las transmisiones inalámbricas. La representación clásica de este espectro se muestra en la figura 2.4.

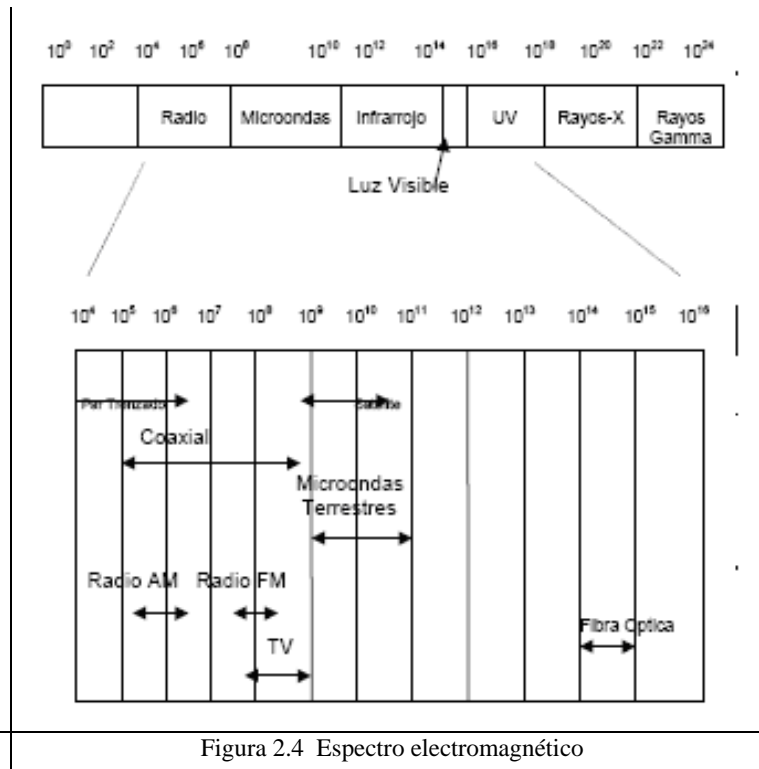


Figura 2.4 Espectro electromagnético

Dentro de esta figura 2.4:

- ⇒ Las ondas de radio, microondas, infrarrojo, porción visible de luz, son franjas de frecuencia del espectro, que pueden ser usadas para transmitir información, modulando la amplitud, la frecuencia o la fase de las ondas.
- ⇒ Las ondas de luz ultravioleta (UV), y Gamma (γ), podrían tener un mejor comportamiento debido a su mayor frecuencia; sin embargo, resultan más difíciles de producir y de modular; no se propagan bien a través de los edificios y son peligrosos para los seres vivos.
- ⇒ Las bandas de frecuencias listadas en la figura 2.4, son los nombres oficiales asignados por el ITU y se basan en las longitudes de onda.
- ⇒ La cantidad de información que una onda electromagnética puede transportar se encuentra relacionada con su ancho de banda.

En consecuencia, cada desarrollador aspira a ofrecer sus servicios a una tasa de datos mayor utilizando una franja mayor del espectro.

En los Estados Unidos de Norteamérica, la FCC asigna el espectro para radio (AM/FM), televisión y telefonía celular, así como para compañías gubernamentales (policía, gobierno, milicia, servicios de navegación). A nivel mundial, la WARC, una agencia del ITU-T realiza este trabajo.

La mayoría de las transmisiones utilizan una banda estrecha de frecuencia para poder asegurar una mejor recepción; sin embargo, en algunos casos el transmisor salta (“HOP”) de frecuencia en frecuencia en un patrón regular de transmisión intencionalmente disperso sobre una banda amplia de frecuencias. Esta técnica es llamada espectro disperso (“spread spectrum” en inglés) y es una técnica que resulta popular en comunicaciones militares porque dificulta su detección e interferencia.

2.3 Transmisión de ondas de radio

Las ondas de radio son fáciles de generar; ya que pueden viajar grandes distancias y penetrar edificios fácilmente. Cabe mencionar que las ondas de radio son omnidireccionales (pueden ir en cualquier dirección, y al mismo tiempo); es decir, viajan en todas las direcciones desde la fuente, por esta razón el transmisor y el receptor no tienen que seguir una norma cuidadosa en su acomodo, ni tienen que estar alineados.

Las propiedades de las ondas de radio son dependientes de la frecuencia en la siguiente forma:

- ⇒ A bajas frecuencias, las ondas de radio pasan muy bien a través de los obstáculos; sin embargo, la potencia de la señal disminuye dramáticamente con la distancia a medida que nos alejamos de la fuente, en razón de $1/r^3$.
- ⇒ A altas frecuencias, las ondas tienden a viajar en línea recta y a ser interferidas por los obstáculos y a ser absorbidas por el agua.

Independientemente de la frecuencia, las ondas de radio se encuentran sujetas a interferencias por motores y equipos eléctricos. Debido a su habilidad para viajar a través de grandes distancias. Es importante marcar que el problema de la interferencia entre usuarios, es un problema crítico.

En las bandas VLF (10^4), LF (10^5) y MF (10^6), las ondas de radio siguen la superficie de la tierra. Mientras que en las bandas HF (107) y VHF (108), las ondas tienden a ser absorbidas por la Tierra; sin embargo, dichas ondas se expanden y llegan hasta la ionósfera (una capa de la atmósfera compuesta por partículas cargadas que circundan la Tierra entre 100 y 500 kilómetros) se refractan y envían de regreso a la Tierra. Los radioaficionados utilizan estas bandas para comunicarse.

Retomando lo anterior, podemos decir que las ondas electromagnéticas se pueden propagar bajo tres esquemas:

- ⇒ Propagación por onda terrestre.
- ⇒ Propagación de alcance visual en línea recta.
- ⇒ Propagación por onda espacial.

2.3.1 Propagación por onda terrestre

Dentro de este tipo de propagación de las ondas electromagnéticas, se encuentran algunos puntos sobresalientes:

- ⇒ En este tipo de propagación, se observa que las ondas terrestres mantienen contacto permanente con la superficie de la Tierra desde la antena transmisora hasta la receptora.
- ⇒ Estas ondas pueden detectarse en distancias de hasta 1000 kilómetros.
- ⇒ El movimiento sobre el terreno provoca la aparición de corrientes eléctricas que debilitan la onda original a medida que la misma se aleja de la antena transmisora.
- ⇒ A una determinada distancia, desde la antena transmisora (que depende de la potencia emitida y de la frecuencia), la amplitud de la onda terrestre se anula.
- ⇒ A medida que la longitud de onda disminuye, las corrientes inducidas en el terreno debilitan la onda terrestre a tal grado, que la pérdida total de la energía provoca la desaparición de la onda.

- ⇒ Las ondas de estas bandas penetran fácilmente los edificios; razón por la cual los radios de AM (amplitud modulada) trabajan al interior de los edificios.
- ⇒ El principal problema asociado con el uso de estas bandas en la comunicación de datos es que su ancho de banda es relativamente bajo.

2.3.2 Propagación en línea recta

Dentro de la propagación en línea recta (alcance visual), encontramos las siguientes características:

- ⇒ Este tipo de propagación se caracteriza porque la onda emitida desde la antena transmisora viaja en forma directa a la antena receptora sin tocar el terreno o la ionósfera.
- ⇒ Este tipo de radiación se utiliza principalmente en bandas de frecuencias muy elevadas, como VHF; y en bandas de frecuencia ultra-elevadas, como UHF.
- ⇒ Un ejemplo práctico de esta forma de transmisión lo constituyen los servicios de televisión y radiodifusión de frecuencia modulada.
- ⇒ En este tipo de propagación, las alturas de las antenas (la transmisora y la receptora) y la distancia entre las antenas, tienen una importancia fundamental para la comunicación.

2.3.3 Propagación por onda espacial

Excepto para algunas comunicaciones locales, que pueden realizarse por onda terrestre, la mayoría de las comunicaciones comprendidas en la banda de frecuencia que comprende de tres a 30 MHz (HF), se llevan a cabo por onda espacial.

Este tipo de onda, emitida desde una antena transmisora, es refractada por la ionósfera y retorna a la Tierra.

En la figura 2.5, se puede observar más detenidamente este proceso.

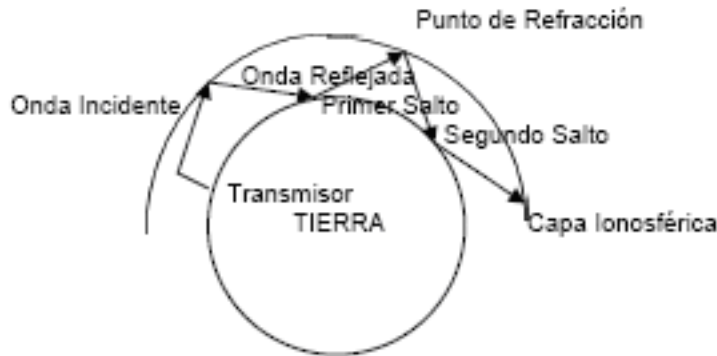


Figura 2.5 Proceso de propagación por Onda Espacial

Cabe mencionar que este tipo de transmisiones son inestables, esto es debido a que dependen del comportamiento de la ionosfera, que no es fijo; la ionosfera es una zona de la atmósfera que cubre la Tierra y que es afectada, entre otras cosas, por la radiación ultravioleta del sol, los rayos cósmicos, y los materiales estelares

2.3.4 Comportamiento de la ionósfera

En este momento, como parte fundamental, se hace necesario hacer énfasis en la importancia de la ionosfera y sus elementos, así como las características que la identifican.

La ionosfera es una parte de la atmósfera más alta, es un plasma frío magnetizado que envuelve a La Tierra. En la ionosfera existen bastantes iones y electrones que interactúan efectivamente con los campos electromagnéticos; aquí los átomos son ionizados cuando absorben fotones de alta energía provenientes del Sol.

En este proceso, cada molécula o átomo afectado pierde uno o más electrones, y se convierte en un ion de carga positiva y los electrones libres pueden viajar creando corrientes eléctricas y campos electromagnéticos.

La razón por la cual las ondas de radio son reflejadas por la ionosfera, tiene mucho que ver con las oscilaciones propias del plasma. Aclaremos que un plasma tiene una frecuencia natural de oscilación dada por la fórmula

$$\omega_p^2 = \frac{Ne^2}{\epsilon_0 m}$$

Donde N es la concentración (partículas por unidad de volumen) de electrones;

e y m es la carga y masa del electrón, respectivamente; y

ϵ_0 es la permitividad eléctrica en el vacío.

Esta frecuencia natural depende exclusivamente de la densidad de electrones: “A una mayor densidad electrónica le corresponde una frecuencia más alta”.

Retomando, la ionosfera forma parte de la atmósfera y rodea la Tierra, lo cual supone una barrera para las comunicaciones satelitales en momentos de mucha densidad.

Por otro lado, hay que aclarar que, debido a la influencia de la gravedad, la ionosfera se encuentra estratificada verticalmente y dividida en regiones de acuerdo a la densidad del plasma. Estas regiones o capas son:

- ⇒ Región D
- ⇒ Capa E
- ⇒ Capa F1
- ⇒ Capa F2

La región D está definida como parte de la atmósfera terrestre que se encuentra de los cincuenta kilómetros a los noventa kilómetros. En esta región, la densidad electrónica es mucho menor que la densidad molecular y la frecuencia de colisión entre electrones y otras partículas, durante el día, está alrededor de diez millones de colisiones por segundo.

La región E está definida como la parte de la atmósfera terrestre que se encuentra entre los 90 Km y los 150 Km sobre la superficie de la Tierra. La ionización en esta capa es debida a los rayos X suaves y a la radiación solar ultravioleta.

La región F es la parte de la ionosfera arriba de la región E; su formación es debida a la radiación solar ultravioleta. Esta capa es sólo una en la noche, y durante el día se divide en dos: F1 y F2. La capa F1 aparece como una curva en el perfil de densidad ionosférica que ocurre en el intervalo de 150 Km a 200 Km sobre la superficie de la Tierra. La capa F2 es la más dinámica y densa de la ionosfera; está localizada entre los 250 Km y los 500 Km de altura sobre la superficie de la Tierra, aunque esta altura puede cambiar de acuerdo a las condiciones geofísicas.

El esquema de la ionosfera se puede observar en la figura 2.6.

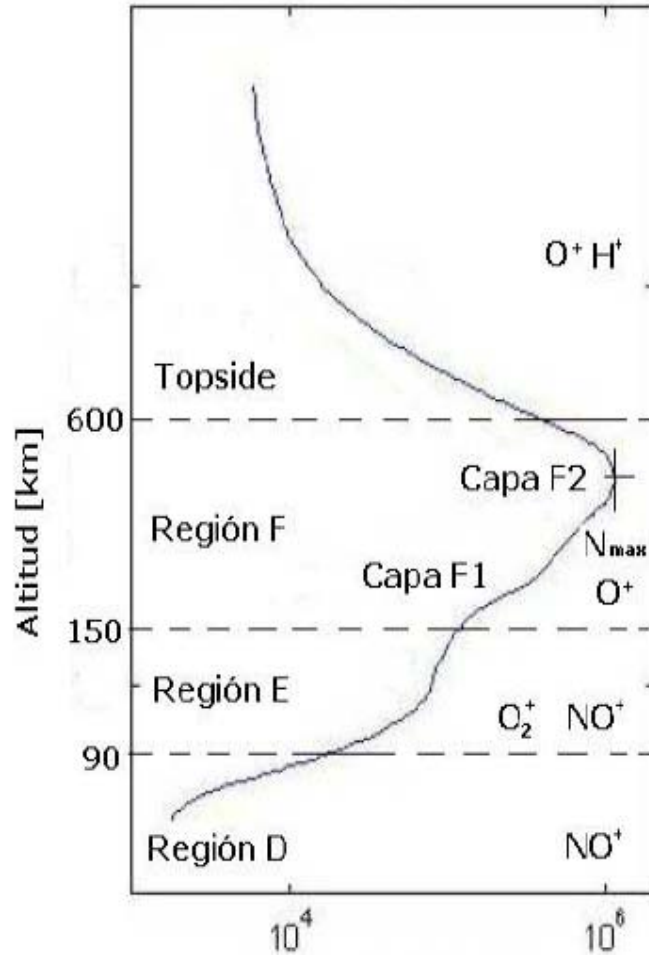


Figura 2.6 Composición de la ionosfera

Como se ha mencionado, el comportamiento de la ionosfera tiende a cambiar, sobre todo, del día a la noche. Este comportamiento se puede observar en la figura 2.7.

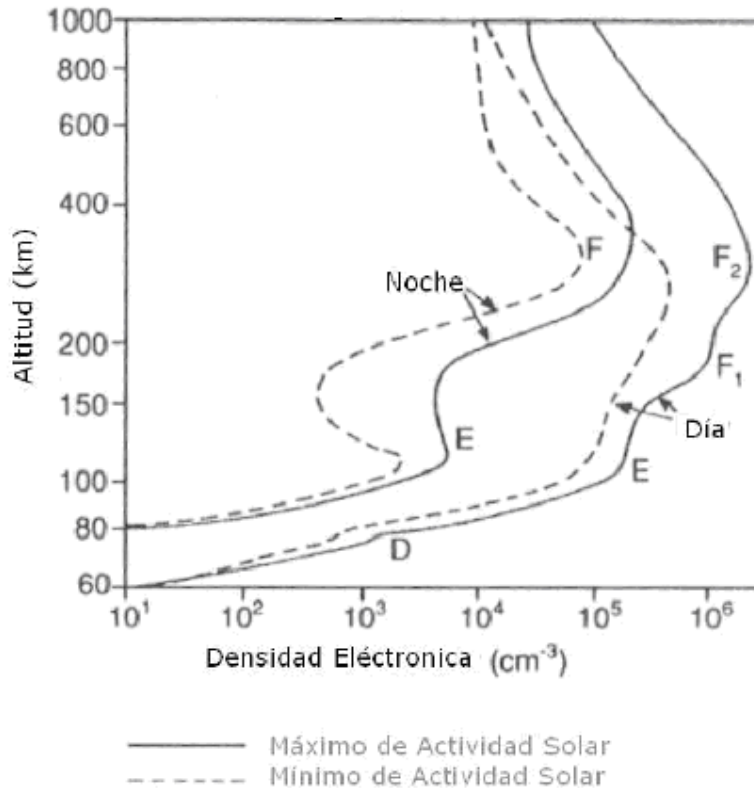


Figura 2.7 Comportamiento de la ionosfera durante el día y la noche

Cuando una onda electromagnética, de longitud de onda correspondiente al ultravioleta, choca con un átomo en la atmósfera, el resultado más probable es que algunos o varios electrones del átomo salten de una órbita interior a una exterior absorbiendo la energía de la onda incidente.

La absorción de energía puede ser suficiente para desprender completamente al electrón de su átomo. En este supuesto, el átomo queda cargado positivamente y es llamado ion positivo.

Por otro lado, Las ondas ultravioletas del sol, al pasar a través de la ionosfera, crea pares de iones positivos y electrones libres. La densidad de estos iones depende fundamentalmente de la radiación solar y de la densidad de la atmósfera. Las capas ionizadas de la atmósfera dan lugar a una superficie esférica alrededor de la superficie terrestre con unas propiedades de propagación diferentes a las del resto de la atmósfera.

Cuando se establece una comunicación de larga distancia mediante la onda espacial, ésta incide sobre las capas ionizadas de la ionosfera y se refracta nuevamente hacia la tierra. El ángulo de incidencia es muy importante para que exista o no, la refracción. En el caso de que la refracción ocurra, se dice que la onda es “reflejada” por la ionosfera.

2.4 Transmisión de microondas

En una frecuencia superior a los 100 MHz, las ondas pueden viajar de de dos formas:

- ⇒ En línea recta
- ⇒ Concentradas en un haz

Si se concentra toda la energía en un pequeño haz, utilizando para ello una antena parabólica, permite mejorar las condiciones de la transmisión; sin embargo, para que esto suceda, las antenas de transmisión y recepción deben de estar cuidadosamente alineadas.

Antes de la aparición de la fibra óptica, las microondas se constituían en el corazón de los sistemas de transmisión de larga distancia; era una excelente opción para la comunicación.

Sin embargo, dado que las microondas viajan en línea recta y si las torres donde se ubican las antenas están muy separadas, la curvatura de la tierra podría constituir un obstáculo; por lo tanto, una solución sería el ubicar repetidores periódicamente. Cabe mencionar que la distancia entre repetidores es proporcional a la raíz cuadrada de la altura de la torre.

Una de las desventajas de las microondas, es que no penetran fácilmente en edificios, como lo hacen las ondas de radio de baja frecuencia; de la misma manera, a pesar de que el haz se enfoca en la transmisión, experimenta alguna divergencia en el espacio (algunas ondas podrían refractarse en las capas bajas de la atmósfera y podrían provocar un ligero retraso con respecto de aquellas que llegan directamente.). Las ondas retrasadas podrían llegar fuera de fase respecto de las ondas que llegan directamente y cancelar la señal. Este efecto se conoce como Multipath Fading y, usualmente, es un serio problema. El efecto multipath fading es dependiente del clima y de la frecuencia.

La demanda por más cantidad de espectro, presiona a la tecnología para hacer posibles las transmisiones a frecuencias cada vez más altas. Es importante resaltar que bandas por encima de los 10 GHz comienzan a ser de uso frecuente; Sin embargo, una vez que se acerca a los 8 GHz de frecuencia, se presenta un nuevo problema: La absorción por el agua. Estas ondas, de una longitud muy corta, son fácilmente absorbidas por la lluvia, lo cual provoca una mala o incluso nula comunicación.

Frente a una obra civil imprescindible para la instalación de fibra óptica, la inversión en un enlace de microondas resulta más económica; esto, ubicando dos torres y antenas en cada una de ellas, podría resultar más eficiente que tender fibra óptica en todo lo largo y ancho de la instalación de red.

2.5 Ondas infrarrojas y milimétricas

Primero que nada, definamos como infrarrojo a la emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas en la zona del espectro, situadas inmediatamente después de la zona roja de la radiación visible.

La longitud de onda de los rayos infrarrojos es menor que las ondas de radio, pero mayor que la luz visible; su longitud oscila entre 6 y 10 metros o entre 3 y 10 metros.

La radiación infrarroja puede detectarse como calor; para ello se emplean instrumentos específicos; uno de ellos es el bolómetro.

Entre otras aplicaciones, los rayos infrarrojos se utilizan para obtener imágenes de objetos lejanos ocultos por la bruma atmosférica.

Las ondas de infrarrojo no guiado, y milimétricas, son usadas ampliamente en comunicaciones de corto rango. Por ejemplo, el control remoto de la televisión.

Las características principales de las ondas infrarrojas y milimétricas son:

- ⇒ Son relativamente direccionables, económicas y fáciles de construir.
- ⇒ A medida que nos acercamos al espectro de luz visible, las ondas se comportan más como luz y menos como radio.

Cabe mencionar que el hecho de que las ondas infrarrojas no pasen a través de los muros de las paredes es un hecho positivo; entre los beneficios que esto ofrece podemos citar las siguientes:

- ⇒ Los sistemas de infrarrojo de una habitación no se interfieren con sus similares de habitaciones adyacentes.
- ⇒ La seguridad de los sistemas infrarrojos contra intrusos es mejor que la de sistemas basados en radio.
- ⇒ No es necesario obtener una licencia gubernamental para su uso y operación, puesto que no representan una amenaza.

Estas propiedades, hacen del infrarrojo una muy interesante tecnología candidata para la implantación de Wireless LAN (red local inalámbrica).

2.6 Transmisión en el espectro visible

La luz visible (al ojo humano) forma parte de una estrecha franja que va desde longitudes de onda de 380 nanómetros (abreviado nm) (violeta) hasta los 780 nm (rojo).

Los colores del espectro se ordenan como en el arco iris, formando el llamado **espectro visible**

La transmisión en el espectro visible (Light Transmission), permite la conexión de redes LAN en dos edificios vía láser's ubicados en sus azoteas.

La señalización óptica vía láser es eminentemente unidireccional; por lo tanto, cada edificio necesita su propio láser y su propio fotodetector.

Las propiedades que caracterizan al esquema de transmisión del efecto visible son:

- ⇒ Gran ancho de banda
- ⇒ Bajo costo
- ⇒ Facilidad en su instalación
- ⇒ No requiere licencia

2.7 Aplicaciones móviles

Como se ha mencionado, la comunicación inalámbrica tiene diversas aplicaciones. El avance de la tecnología ha permitido alcanzar mayores y mejores metas para uso y beneficio del ser humano.

A través de los tiempos, las telecomunicaciones has sobrepasado límites y salvado obstáculos muy grandes en la constante búsqueda en la mejora de la humanidad.

2.7.1 Breve cronología

A lo largo de la historia, las telecomunicaciones acompañaron el desarrollo, tanto en la actividad económica como en los aspectos sociales y culturales. También, contribuyeron al crecimiento de la producción y a la mejora de las condiciones de vida de la población, y se fueron adecuando a las concepciones políticas de cada época.

Entre la segunda mitad del Siglo XIX y las primeras décadas del Siglo XX, se comenzó a explotar en el Uruguay el servicio de telecomunicaciones, a través del telégrafo; y posteriormente, del teléfono.

Tres años después de haberse inventado el teléfono, el 16 de febrero de 1878, en Uruguay, se realiza la primera llamada telefónica sobre redes de la "Compañía Telegráfica Platino Brazilian" entre Montevideo y Canelones. Este fue el comienzo de la puesta en marcha de las telecomunicaciones en este país, el cual estuvo a cargo de empresas privadas.

En 1896, se promulga un decreto que establece la superintendencia de la Dirección General de Correos y Telégrafos sobre las redes, creando así la primera red estatal de telecomunicaciones.

En 1915, la ley 5.356 del año 1915 marca el comienzo de la segunda etapa en la historia de las telecomunicaciones. Por ella se crea la Administración General de Correos, Telégrafos y Teléfonos, a la cual se le da el estatus de persona jurídica, a la vez que establece el monopolio estatal de esas tres actividades.

Es en 1974 cuando se crea la Administración Nacional de Telecomunicaciones por Decreto Ley 14.235 del 25 de julio de 1974, ANTEL bajo la forma jurídica de servicio público descentralizado.

Desde los comienzos de la actividad la nueva empresa, ANTEL, se planteó como objetivo desarrollar el sistema de enlaces de Microondas, que constituiría el soporte para las transmisiones. Modernizar su infraestructura para agilizar el tráfico telefónico, fue una de sus metas, es así que se comenzaron a reemplazar las centrales manuales por nuevas centrales automáticas.

ANTEL ha venido trabajando en forma permanente en la modernización de su gestión y brindando servicios de calidad de acuerdo a las necesidades de sus clientes. En particular, en el ámbito internacional en 1978, se habilitó el tráfico fronterizo tele discado entre Colonia y Buenos Aires. La digitalización en telecomunicaciones marcó un hito en el desarrollo de las telecomunicaciones.

En 1991. Comenzó a operar en la banda B el servicio de telefonía móvil celular en las ciudades de Montevideo, Maldonado y Punta del Este, mediante contrato de Antel con la empresa Abiatar Sociedad Anónima. Fue lanzado al espacio el satélite Nahuel I. Este emprendimiento permitió asegurar las comunicaciones internacionales por tres vías, microondas, la fibra óptica los satélites de comunicación.

El 30 de septiembre, con la inauguración de la central telefónica digital de Paso Molino se completó el proceso de digitalización, dejando en el pasado las centrales de conmutación manual y mecánica y la transmisión analógica. Uruguay fue el primer país en toda América (incluido Estados Unidos) cien por ciento digitalizado.

2.7.2. Concepto

La aplicación permite el acceso desde un dispositivo móvil a toda la información ya sea corporativa, o de uso personal que quiera movilizar, tal como agendas de clientes, catálogos de productos y precios, lista de teléfonos de empleados o amigos o cualquier información textual.

Actualmente la fuerza de trabajo móvil requiere acceso a información corporativa tanto en la oficina como fuera de ella.

Con el creciente desarrollo de dispositivos móviles y tecnologías de redes inalámbricas como Wireless LAN, GSM, GPRS, Bluetooth e IrDA, ha sido perfeccionada la movilidad de los usuarios, de manera que ya no están obligados a realizar su trabajo en un lugar fijo. Como ejemplo de esto, un inspector de calidad podría ingresar los resultados de su inspección en su dispositivo móvil, y desde el mismo lugar donde realiza éste trabajo, transmitir la información hacia la base de datos de su empresa, vía una interfase de red inalámbrica para el almacenamiento permanente o análisis inmediato.

2.7.3. Aplicaciones móviles sobre dispositivos PDA

Las aplicaciones móviles más utilizadas son sobre dispositivos PDA, mejor conocidos como agendas electrónicas; las actividades que se pueden realizar con ellas son:

- ⇒ **Clientes:** a través de la gestión de clientes dispondrá en su PDA de toda la información sobre los clientes, datos de contacto, pedidos realizados, condiciones comerciales del cliente, etcétera

- ⇒ **Catálogo de productos:** acceso a la base de datos de productos de su empresa: directorio y buscador de productos, tarifas por cliente, características de productos, etcétera

- ⇒ **Pedidos:** realice los pedidos a la central desde cualquier lugar y en cualquier momento. Funciona sobre la base de datos de productos o bien permite la introducción manual de líneas de pedido .Albaranes y facturas: consulte albaranes y facturas por cliente o genere nuevos albaranes y facturas directamente, sobre su PDA enlazada e tiempo real con su software de gestión.

- ⇒ **Documentos/Informes:** acceso a los distintos documentos de la empresa asociados a productos o documentos de interés general. Noticias y Mensajes: intranet de noticias y mensajes enviados entre el personal de la empresa y los empleados que usan los dispositivos móviles (PDA)

- ⇒ **Agenda comercial:** aplicación en forma de agenda electrónica para la gestión por parte de los comerciales de sus tareas tanto personales como laborales, tareas relacionadas con visitas comerciales que impliquen información detallada sobre la tarea (hora visita, cliente visitado, comentarios de visita, etcétera) así como otras tareas que impliquen información detallada (dietas, desplazamientos, etcétera). En el caso de tareas de la agenda que impliquen estos detalles para el posterior análisis de la información se definirán los campos e informes necesarios. Partes de trabajo: recogida de partes de trabajo y escritura de los mismos en el software de gestión de la empresa.

2.7.3.1 Características de los entornos móviles

Hablando de las agendas electrónicas, podemos hacer mención de los entornos móviles, que son ambientes virtuales muy cómodos. Algunas de las características de los entornos móviles son:

- ⇒ Los datos varían con gran rapidez (cotizaciones bursátiles).

- ⇒ La Base de datos se actualiza de forma asíncrona mediante un proceso externo independiente.

- ⇒ Los usuarios son móviles entrando y saliendo de las celdas arbitrariamente.

2.7.3.2 Latencia de residencia

Se define como latencia de residencia, a la duración media de la estancia de un usuario en la celda. Cada celda tendrá su propio valor.

Algunos puntos importantes a cubrir son:

- ⇒ La información que será actualizada, se captura desde la aplicación en el dispositivo móvil.
- ⇒ La información puede estar en Base de Datos dentro del dispositivo móvil (SQL Server, CE); o bien en archivos planos que serán sincronizados posteriormente.

2.7.3.3 Redes Inalámbricas vs Redes Fijas.

El tiempo de respuesta en una comunicación, es un factor importante, cualquiera que sea el tipo de red que se esté utilizando.

Los usuarios de una red fija permanecen conectados a una fuente de energía continua, mientras que los usuarios de una red inalámbrica dependen de la batería.

2.7.4 Ventajas

Algunas de las ventajas que ofrecen las aplicaciones móviles son:

- ⇒ Permiten estar a la vanguardia en comunicaciones y sistemas de información.
- ⇒ Aplicaciones desarrolladas para incrementar las capacidades y mercado de nuestros clientes

- ⇒ Los archivos sincronizados desde la PC, serán procesados en la base de datos de los sistemas centrales.
- ⇒ La actualización de la información, puede ser en línea. Al tener consulta en línea, se tiene información actualizada.
- ⇒ Facilidad de navegación
- ⇒ Permite a las compañías mejorar y ahorrar en la recolección de datos basada en papel.
- ⇒ Mejora en la calidad de servicio a clientes.
- ⇒ Aumento de productividad de los empleados.
- ⇒ Toma de decisiones con mayor rapidez.
- ⇒ Eliminación de incertidumbre del cliente.
- ⇒ Minimiza los costos de comunicación para el acceso remoto a información.

2.7.5. Algunas observaciones

El desarrollo de estas aplicaciones ha beneficiado a todos los seres humanos, ya que nos permiten estar a la vanguardia en comunicaciones, la perfección en la movilidad de los usuarios.

Asimismo, ha sido de gran ayuda, beneficio y servicio, puesto que ha facilitado las tareas de los seres humanos; en la actualidad, no estamos obligados a realizar tareas desde lugares específicos; ha maximizado la eficiencia de los recursos disponibles optimizando el intercambio de información.

Sin embargo, también tenemos un lado negativo, que se refiere al mal uso de la ciencia y tecnología, usándolos como herramienta para realizar actos delictivos.

Actualmente, existe una amplia oferta de dispositivos móviles en el mercado y los fabricantes distribuyen nuevos modelos constantemente. Como resultado de esta gran variedad de dispositivos, se debe afrontar el problema cada vez que se desarrolla una aplicación Web móvil.

Las soluciones móviles están mostrando sus beneficios para la gestión de las empresas en la mejora de la productividad, en la creación de nuevos servicios. El desarrollo de Aplicaciones móviles permite estar a la vanguardia en comunicaciones y sistemas de información.

Cabe mencionar que los sistemas distribuidos abarcan una cantidad de aspectos considerables, por lo cual su desarrollo implica mucha complejidad. Existen ciertos aspectos que requieren extremo cuidado al desarrollarse e implantarse como el manejo de fallos, el control de la concurrencia, etcétera

Existen muchos temas de investigación relacionados con los sistemas distribuidos. Muchas tecnologías están en constante desarrollo y maduración, lo cual implica un minucioso estudio previo de muchos factores antes de apostar por alguna tecnología en especial.

La adopción de un diseño distribuido de aplicaciones empresariales, aumenta el tiempo de vida de los sistemas y su escalabilidad o adaptación posterior, reduce la cantidad de recursos, y los costes necesarios de desarrollo y mantenimiento.

Este nuevo enfoque de diseño pone en manos de los desarrolladores no solo la funcionalidad que demandan las aplicaciones, sino también la seguridad, rapidez y flexibilidad.

CAPÍTULO III:

COMUNICACIÓN SATELITAL

3.1 Introducción a la comunicación satelital

Los satélites son, en la actualidad, elementos muy importantes dentro de las comunicaciones móviles y sus aplicaciones siguen creciendo.

Los usos más relevantes de la comunicación satelital son:

- ⇒ Radio celular
- ⇒ Televisión
- ⇒ Telefonía en general

Dentro de este capítulo trataremos de dar un panorama general en este aspecto. En lo que es importante poner énfasis es que sin los satélites, la comunicación sería limitada y muy difícil a nivel mundial.

Como es de saberse, las comunicaciones satelitales parten del avance de la tecnología, pero también han permitido su desarrollo, así como a las empresas transnacionales, negocios, educación, etcétera.

3.2 Radio celular

Podemos comenzar diciendo que el uso de canales inalámbricos satisface un requerimiento clave de los usuarios: la movilidad

Durante los últimos años, hemos visto como se incrementa el uso de sistemas que usan ondas de radio en lugar de aquellos que utilizan cables y fibras. Estos sistemas jugarán un papel clave en la conectividad ofrecida a notebook computer (computadores móviles), short pocket telephones (teléfonos inalámbricos y celulares) y personal digital assistant (agendas personales) en los próximos años.

Algunas de las aplicaciones a analizar en este sentido serían:

- ⇒ Sistema Paging
- ⇒ Teléfonos inalámbricos
- ⇒ Teléfonos celulares

Estos sistemas se están mezclando para producir computadoras capaces de enviar/recibir llamadas telefónicas, faxes, correos electrónicos (e-mail), etcétera; además de la capacidad de buscar y recuperar información de bases de datos remotas.

En los siguientes años, se puede esperar la convergencia de la industria de los computadores, de la industria de los teléfonos y de la industria de los canales satelitales, con la finalidad de optimizar recursos y expandir el campo de trabajo.

3.2.1 Sistema Paging

Primero que nada, diremos que page se refiere a “buscar llamando”. Los primeros sistemas de Paging usaban parlantes en un único edificio. Actualmente estos sistemas se siguen utilizando, principalmente en tiendas departamentales. Un ejemplo burdo de esto, lo podemos observar en la figura 3.1.

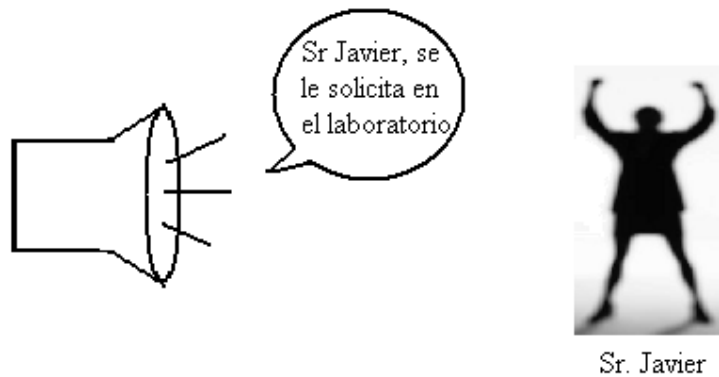


Figura 3.1 Sistema de Paging

En la actualidad, en muchos lugares se utilizan beepers con una pequeña pantalla para desplegar los mensajes que llegan. Dentro de este sistema, si una persona desea enviar un mensaje, se sigue el procedimiento de cuatro pasos:

- ⇒ La persona llama a la compañía.
- ⇒ La persona proporciona la información necesaria.
- ⇒ El computador que recibe la llamada, transmite a una antena; ésta efectúa un broadcast del mensaje directamente (para paging local) o a un satélite (para paging a gran distancia).
- ⇒ Cuando el beeper detecta su número único de identificación en el haz de radio, suena y despliega la información de la llamada.

La mayoría de los sistemas paging tienen la propiedad de ser sistemas de una sola vía o one-way system; en ellos, un solo computador presta servicio a un gran número de receptores.

Dentro de este sistema, no existen problemas acerca de quien debe hablar, no existe una competencia de los usuarios por el sistema y existe un único emisor en el sistema.

Por otro lado, los sistemas de paging requieren de un pequeño ancho de banda para operar, dado que cada mensaje requiere solamente de una ráfaga de 30 bytes. Con esta tasa, un canal de 1 Mbps podría manejar alrededor de 240 mil pages/minuto. Los sistemas actuales corren en la banda de 930 a 932.

En la actualidad, este tipo de sistemas paging, por medio de beeper, está siendo cada vez menos usado.

3.2.2 Telefonía inalámbrica

La telefonía inalámbrica fue un gran acierto en cuanto a comunicaciones se refiere, permitía una comunicación más cómoda al deshacerse del cable que une la bocina con el aparato telefónico.

Un teléfono inalámbrico consta de dos partes:

- ⇒ Una estación base
- ⇒ Un teléfono

La estación base se conecta al sistema telefónico fijo. El teléfono se comunica con la estación base a través de radio a baja potencia. El rango típico fluctúa entre cien y trescientos metros.

Dado que los teléfonos se comunican exclusivamente con la estación base, los primeros teléfonos inalámbricos carecían de estandarización alguna. Algunos de los modelos más baratos utilizaban frecuencia fija, la cual era seleccionada por la fábrica.

Si por accidente los teléfonos de los vecinos utilizaban la misma frecuencia, se podían escuchar mutuamente las llamadas en cada una de las residencias, lo cual suponía un grave problema, ya que atentaba contra la privacidad de las personas.

Modelos de teléfonos más costosos, permitían al usuario resolver este problema seleccionando la frecuencia de transmisión.

La primera generación de teléfonos inalámbricos conocida como CT-1 en Estados Unidos y CEPT-1 en Europa, fue completamente análoga y podía causar interferencias con radios y televisores; eventualmente, o hacía.

Posteriormente, se desarrolló un estándar digital e Inglaterra: el CT-2, que correspondería a la segunda generación de teléfonos inalámbricos.

La tercera generación se presentó en 1992: la CT-3 o DECT que estableció roaming entre estaciones base.

3.2.3 Sistema de telefonía celular

La telefonía celular es la tecnología más utilizada actualmente, y la que ofrece mayores ventajas en las comunicaciones, tanto personales como comerciales.

3.2.3.1 Definición

La telefonía celular es un servicio público de telecomunicaciones personales, que permite la comunicación telefónica entre abonados con la posibilidad de movilidad dentro de un área de cobertura definida.

La telefonía celular es el resultado de la integración de dos servicios públicos:

- ⇒ La telefonía convencional de línea de conducción fija
- ⇒ Las radiocomunicaciones

3.2.3.2 Antecedentes históricos

En los inicios, se deseaba integrar los servicios de telefonía y radiocomunicaciones. El primer intento de ello fue el Sistema de Radio Telefonía Móvil (IMTS), que constaba de una central telefónica que controlaba una o varias estaciones de base de radio de gran potencia y cobertura.

Las estaciones de radio tenían baja capacidad de atención a usuarios y requerían de terminales de gran tamaño, los cuales estaban ubicados en automóviles.

3.2.3.3 Características

La telefonía celular tiene un principio de funcionamiento similar al sistema de radio telefonía móvil. La diferencia entre estos sistemas radica en que las celdas (el área de cobertura de las estaciones base de radio) son más pequeñas en el sistema celular que en el de radio telefonía.

Dentro de la telefonía celular, la zona de servicio es atendida por varias celdas entrelazadas, lo que proporciona una gran capacidad de atención de abonados. También permite la reutilización de frecuencias y el uso de terminales de varios modelos, entre ellos se pueden mencionar a los personales y a los portátiles.

Las características de un sistema celular son:

- ⇒ Reutilización de frecuencias
- ⇒ Conmutación de canal para llamadas establecidas (HANDOFF).

Podemos decir del Handoff, que tiene mucha funcionalidad, siguiendo un proceso específico al encontrar problemas en la comunicación. Esto se da de la siguiente manera:

- ⇒ Al ir alejándose el abonado móvil de la celda con una llamada ya establecida, la intensidad de la señal va disminuyendo.
- ⇒ Al alcanzar un valor umbral, la estación base envía una alarma al centro de conmutación móvil.
- ⇒ El centro de conmutación móvil pide a las estaciones base local y a las circundantes, medir la intensidad de la señal.
- ⇒ Una vez que reciben los resultados, la central de conmutación avisa a la estación base que debe continuar con la llamada.

Este procedimiento es transparente al usuario y tarda alrededor de una décima de segundo.

Con respecto al roaming, es una función que permite al abonado realizar llamadas cuando se ha desplazado a otras zonas de servicio donde funciona otra operadora con la cual se ha realizado un convenio previo.

El Call Delivery es el proceso complementario; es decir, se encarga de recibir las llamadas en dicha zona.

3.2.3.4 Estándares

Los estándares a utilizar en la telefonía celular pueden ser:

- ⇒ Análogos
- ⇒ Digitales

Los estándares analógicos pueden ser:

- ⇒ AMPS
- ⇒ TACS
- ⇒ NMT

Pero, observemos lo que quiere decir cada una de ellas:

AMPS: Advanced Mobile Phone System (sistema telefónico móvil avanzado). Opera en la banda de 800 MHz, su origen son los Estados Unidos; se dio a conocer en 1983.

TACS: Total Access Communication System (sistema de comunicación de acceso total). Su origen es el Reino Unido. Se dio a conocer en 1984.

NMT: Nordic Mobile Telephone (teléfono móvil nórdico). Su origen es escandinavo. Se dio a conocer en 1981 con una banda de 450 MHz, misma que se amplió a 900 MHz en 1986.

Los estándares digitales pueden ser:

- ⇒ GSM
- ⇒ AMPS D

Es muy sencillo hablar de sólo siglas, así que veamos que significan:

GSM: Global System for Mobile Communications (sistema global de comunicaciones móviles). Tiene portadoras espaciadas de 200 KHz.

AMPS D: Advanced Mobile Phone System Digital (sistema digital de telefonía móvil avanzada).

Principios de redes inalámbricas y su aplicación en la comunicación satelital

En el espectro electromagnético se ha asignado la banda de los 800 MHz para la telefonía celular, la cual se subdividió en dos:

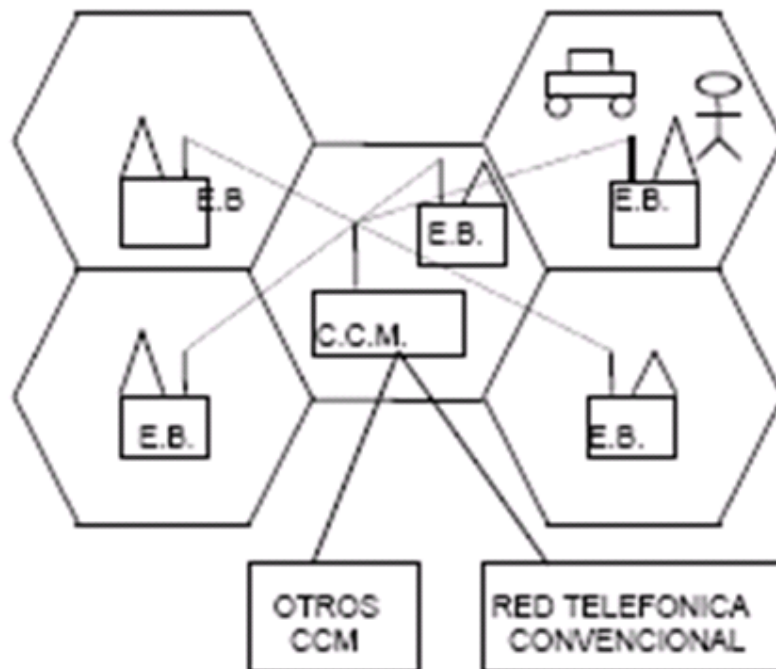
- ⇒ Banda A para operadoras mixtas
- ⇒ Banda B para operadoras privadas

3.2.3.5 Configuración de una red celular

Una red celular se encuentra conformada por cuatro componentes fundamentales:

- ⇒ Centro de conmutación móvil (CCM)
- ⇒ Estaciones base (EB)
- ⇒ Estaciones móviles (EM)
- ⇒ Red de interconexión

Estos componentes se pueden observar en la figura



3.2.3.5.1 Centro de Conmutación móvil

Del centro de conmutación móvil (CCM), podemos decir que es el eje central del sistema celular, y tiene las siguientes funciones básicas:

- ⇒ Comunicarse con las estaciones base y ejercer control sobre ellas a través de la red de interconexión.
- ⇒ Controlar los canales de radio de las estaciones base.
- ⇒ Interconectar la red celular con operadores fijas (RTPC) para la comunicación con la telefonía convencional.
- ⇒ Interconectar la red con otras operadoras celulares.
- ⇒ Permitir la comunicación entre los usuarios de las distintas redes.
- ⇒ Prestar atención del servicio de roaming automático.

El uso del roaming automático es muy práctico, y entre sus ventajas podemos encontrar las siguientes:

- ⇒ Permite el intercambio de usuarios entre redes celulares sin que se pierda la comunicación cuando se cambie de área de servicio.
- ⇒ Determina la celda que provee un mejor servicio para un abonado.
- ⇒ Reporta fallas de la red celular.

- ⇒ Realiza la tarificación del abonado A en tiempo real. Se le llama abonado A a aquel que inicia la llamada.
- ⇒ Ofrecer facilidades especiales al usuario; tales como: Llamada en espera, conferencia, transferencia de llamadas, transmisión de datos.

3.2.3.5.2 Estaciones base

La estación base es un equipo conformado por un gran computador y una antena. Sirve como interfaz entre la estación móvil y el centro de conmutación móvil. Sus funciones son:

- ⇒ Establecer la comunicación del abonado celular que se encuentra dentro de su área de cobertura.
- ⇒ Recibir información del estado del abonado celular encendido, a nivel de potencia, número del abonado A, número del abonado B y número de serie del celular electrónico.

En este sentido, debemos aclarar que el número serial del teléfono electrónico es un órgano sensitivo del centro de conmutación móvil para evaluar, buscar, identificar e interconectar un abonado celular. Es el elemento dinamizador del sistema de comunicación celular, dado que es el primer elemento que toca las señales de radio emitidas por un terminal celular. Este número puede conformar una o más celdas.

Se define como celda al área de cobertura entre las ondas de radio emitidas por una antena transmisora. Es una celda, cada canal puede soportar un usuario al mismo tiempo. Los canales son asignados dinámicamente durante la llamada, y cualquier usuario tiene la posibilidad de acceder a cualquier canal.

El área geográfica se divide en celdas. El área de la celda se delimita en función de parámetros técnicos, físicos y geográficos.

3.2.3.5.3 Estaciones móviles

Una estación móvil es la terminal operada por el usuario. Es un equipo transmisor y receptor de baja potencia que, al ser detectado por una estación base dentro de su área de cobertura, establece una comunicación en ambas direcciones.

Los tipos de estaciones móviles son:

- ⇒ Portátil
- ⇒ Transportable
- ⇒ Móvil

Hablando de las formas de comunicación entre una estación base y una estación móvil, ésta puede ser de uno de dos tipos:

- ⇒ Analógica
- ⇒ Digital

La comunicación analógica permite al usuario transmitir voz y datos en la misma forma como se produce la fuente.

La comunicación digital comenzó a operar en 1993; funciona de tal manera, que toma una señal analógica y la digitaliza; en este contexto, se hace notar la necesidad de las señales analógicas en la comunicación. Las ventajas que ofrece este tipo de comunicación con respecto a la analógica son:

- ⇒ Mayor confidencialidad
- ⇒ Descongestión de la red

⇒ Permite tres abonados/Canal de voz

3.2.3.5.4 Red de interconexión

Una red de interconexión está constituida por todos los elementos necesarios para comunicar el Centro de Conmutación móvil con las estaciones base, la red de telefonía fija y otros centros de conmutación móvil.

Los elementos de una red de interconexión los conforman enlaces de microondas, redes de cable o fibra óptica.

3.3 Comunicaciones satelitales

Las comunicaciones satelitales se definen, en su forma más simple, al sistema de uso de satélites para permitir y facilitar la comunicación global a nivel mundial.

Para que la comunicación satelital se lleve a cabo, es necesario un emisor, un receptor y un conducto o canal que los una. En este caso, el canal es el satélite y el emisor y el receptor son aparatos con la tecnología necesaria; puede ser un teléfono, un rastreador, un radio, una computadora, etcétera.

3.3.1 Definición de satélite

Un satélite es un sofisticado repetidor electrónico de microondas localizado en el cielo (en el espacio), que orbita alrededor de la Tierra a una distancia de aproximadamente 36000 kilómetros sobre el Ecuador. Se mueve en una órbita fija a la misma velocidad y dirección que la de la Tierra (aproximadamente 11200 kilómetros por hora). Maneja un ancho de banda muy grande, de alrededor de los 500 MHz.

Un esquema sencillo de estas características se observa en la figura 3.

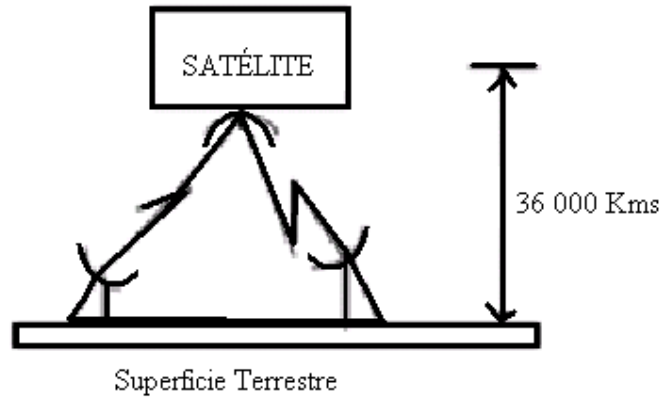


Figura 3. Distancia de un satélite

Los primeros satélites tenían un haz espacial que cubría todas las estaciones terrestres. Sin embargo, en la actualidad la estrategia de difusión es más sofisticada: Cada satélite se encuentra equipado con múltiples antenas y transponders.

Cabe mencionar que cada uno de los haces provenientes del satélite cubre un área geográfica muy pequeña y resulta posible realizar varias transmisiones de haces hacia el satélite, al mismo tiempo. Estas transmisiones reciben el nombre de Traza de Ondas Dirigidas.

3.3.2. Órbita geoestacionaria

Según una de las leyes de Kepler, el período orbital de un satélite varía de acuerdo con el radio de la órbita elevado a la potencia $3/2$. Cerca de la superficie terrestre, el período es de aproximadamente 90 minutos. Los satélites ubicados a esta altura (36000 kilómetros) se encuentran a la vista de las estaciones terrestres durante muy poco tiempo.

A una altura de 36000 kilómetros por encima del Ecuador, el período del satélite es de 24 horas, el satélite gira a la misma velocidad que la Tierra; es decir, es completamente equiparable con la tierra; en este supuesto, podemos decir que

$$T_{\text{sat}} = T_{\text{Tierra}}$$

Cabe hacer mención de algunos puntos importantes:

- ⇒ El satélite se observa como un punto en el cielo
- ⇒ No es necesario que la estación terrena “rastree el satélite”.
- ⇒ A esta órbita se le denomina Orbita Geoestacionaria, y ha sido considerada como un recurso natural no renovable.

Para que esto funcione correctamente, es necesario marcar algunas condiciones indispensables:

- ⇒ El satélite debe desplazarse en el mismo sentido de la rotación de la tierra.
- ⇒ El satélite deberá estar aproximadamente a 36000 kilómetros de altura.
- ⇒ El satélite deberá tener una velocidad constante de 3075 metros por segundo.

La tecnología actual elimina la necesidad de tener satélites muy cercanos entre sí; por tanto, no es deseable tener satélites espaciados a una distancia menor de cuatro grados (dicha aseveración es medición dada desde la Tierra). Cabe mencionar que, con una separación de cuatro grados, la cantidad máxima de satélites que podría tener el planeta, es de noventa.

Para llegar a la órbita geoestacionaria, es necesario tener en cuenta los principios de la mecánica clásica descubiertos por Newton, y las leyes de Kepler.

Ahora, existen tres procedimientos para lograr llegar a la órbita geoestacionaria:

- ⇒ Inyección directa en la órbita geoestacionaria.
- ⇒ Inyección inicial en una órbita elíptica.
- ⇒ Inyección inicial en una órbita circular baja.

La inyección directa en la órbita geoestacionaria supone el transporte del satélite a través de un cohete hasta la órbita geoestacionaria; en ella, el satélite no realiza ningún esfuerzo.

La Inyección inicial en una órbita elíptica supone los siguientes puntos:

- ⇒ Que el sistema lanzador coloque al satélite en una órbita elíptica de gran excentricidad (muy alargada).
- ⇒ Que la tierra se encuentra en uno de los dos focos de la elipse.
- ⇒ Que el satélite se separa del cohete y da uno o varias vueltas en esta órbita llamada de Transferencia a la geoestacionaria.

El paso siguiente es ubicar al satélite en la órbita geoestacionaria. En el punto de apogeo (el punto de mayor distancia entre la Tierra y el satélite, a una altura de 36000 kilómetros) el motor del satélite se enciende y se incrementa su velocidad pasando de la órbita de transferencia a la órbita circular geoestacionaria. Esto se muestra en la figura 3.

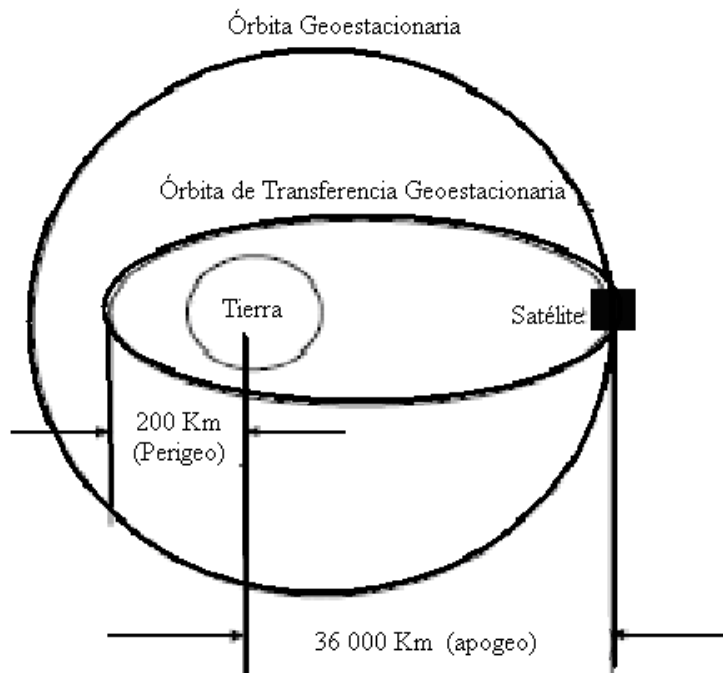


Figura 3. Ubicación del satélite en la órbita geoestacionaria

La Inyección inicial en una órbita circular baja es una técnica utilizada por la NASA. Consta de tres pasos, los dos últimos son idénticos al caso anterior.

En este caso, el trasbordador despega llevando el satélite y entra en una trayectoria circular a una altura de 200 kilómetros; a esta altura, el satélite es expulsado, teniendo una velocidad inicial igual a la de la nave. Hecho esto, el satélite queda en una órbita circular baja o de estacionamiento. Cuando el satélite vuelve a cruzar por el Ecuador, enciende el Motor de Perigeo que lo traslada a una órbita elíptica similar a la del caso anterior. Esto se puede observar en la figura 3.

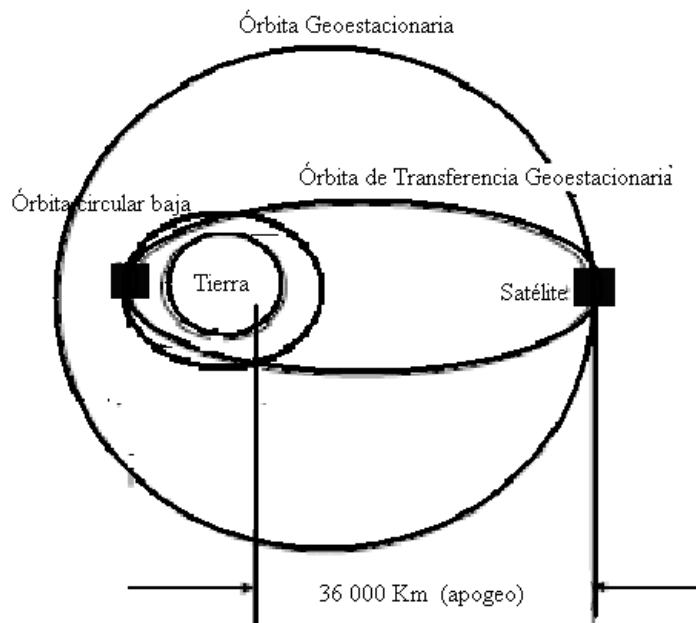


Figura 3 Posicionamiento de un satélite

3.4 Ordenamiento de frecuencias

Con el objeto de prevenir un posible caos en el cielo, se han establecido acuerdos internacionales sobre quien puede hacer uso de las frecuencias y cuáles son estas frecuencias.

Principios de redes inalámbricas y su aplicación en la comunicación satelital

En este sentido, las bandas de 3.7 a 4.2 GHz y de 5.9 a 6.4 GHz, se han designado como frecuencias de telecomunicación vía satélite.

En la actualidad, esas bandas, conocidas como las bandas 4/6 GHz, se encuentran superpobladas. Las bandas superiores siguientes disponibles para la telecomunicación, son las de 12/16 GHz.

CAPÍTULO IV: ESTRUCTURA DE UN SATÉLITE

4.1 Espectro de frecuencias de satélite

Espectro de Frecuencias de Satélite.

| BANDA | RANGO (Ghz) |
|--------------------------------------|-------------|
| L (Comunicac. Móviles) | 1-2 |
| S (Móviles/Reservada) | 2-4 |
| C (Comercial: PANAMSAT/ INTELSAT) | 4-8 |
| X (Reservada) | 8-12 |
| Ku (Comercial) | 12-18 |
| K (Radioenlaces/Microondas) | 18-27 |
| Ka | 27-40 |
| Milimétrica | 40-300 |

4.2 Estructura y funcionamiento de un satélite

ESTRUCTURA y FUNCIONAMIENTO DE UN SATELITE

- Un Satélite puede ser considerado como un conjunto de Subsistemas:

- ✓ El Subsistema de Antenas
- ✓ El Subsistema de Comunicaciones
- ✓ El Subsistema de Potencia Eléctrica
- ✓ El Subsistema de Control Térmico
- ✓ El Subsistema de Posicionamiento y Orientación
- ✓ El Subsistema de Seguimiento, Telemetría y Telemando
- ✓ El Subsistema de Estructura

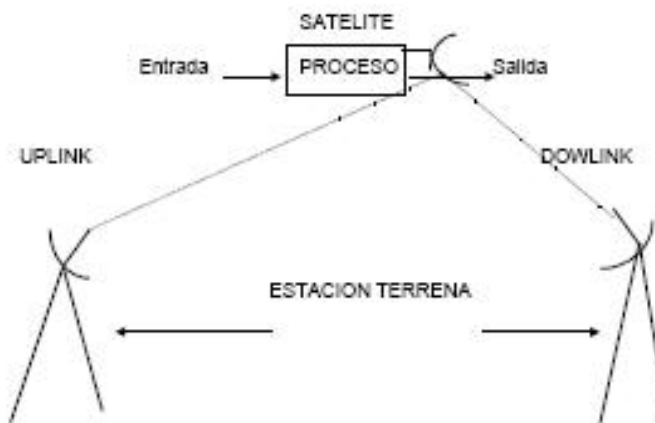
Subsistema de Antenas

- Las antenas:

Reciben las señales de radiofrecuencia provenientes de las estaciones terrenas y las transmiten de regreso a la Tierra concentradas en una haz de potencia.

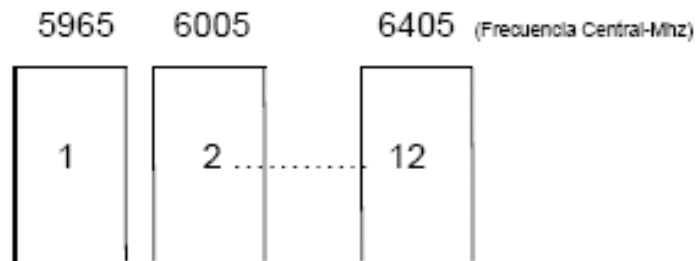
- En todo enlace satelital existen dos enlaces:
 - ✓ El enlace de subida (*Uplink*)
 - ✓ El enlace de bajada (*Downlink*)
- La frecuencia del enlace de subida difiere de la frecuencia del enlace de bajada para evitar la interferencia.
- Las antenas son:
 - ✓ El punto de E/S del satélite.
 - ✓ La interfase o etapa de transformación entre las señales electromagnéticas que viajan por el espacio y las señales que circulan por los diferentes subsistemas del satélite.
- Adicionalmente a las antenas de comunicaciones tenemos las antenas de telemetría y telemandos encargadas de:
 - ✓ Recibir señales con órdenes emitidas desde el centro de control en la Tierra para efectuar alguna corrección a bordo.
 - ✓ Enviar señales al Centro de Control en la Tierra para que pueda conocer el estado general de funcionamiento.

Subsistema de Comunicaciones



- Procesos a su cargo:
 - ✓ Amplificación de Señales para que puedan ser recibidas a su regreso con buena calidad.
 - ✓ Cambio de frecuencia del Uplink al Downlink

- Al conjunto de equipos comprendidos entre la salida de la antena receptora y la entrada a la antena transmisora se la denomina TRANSPONDER.
- La señal que proviene de la Tierra puede contener muchos canales de TV o de voz o de datos enviados a diferentes frecuencias.
- Las antenas (de transmisión y recepción) manejan un ancho de banda muy grande, suficiente para operar las frecuencias asignadas para la comunicación satelital.
- El ancho de banda típico de un satélite es de 500 Mhz:
 - ✓ Cuando se transmite un canal de Tv por satélite al modularlo en frecuencia usualmente ocupa solo 36 Mhz.
 - ✓ Este ancho de banda se divide en espacios o segmentos cuyo número depende de la aplicación.
- Ej: El Ancho de Banda de una satélite que opera en la Banda C.



Transponders

- ✓ Cada segmento corresponde a las frecuencias de trabajo del transponder.
- ✓ Las frecuencias centrales que se indican son las que se usan para transmitir de la tierra hacia el satélite.
- ✓ La capacidad total del satélite en esta banda podría ser de 12 canales.
- La antena receptora del satélite capta las frecuencias correspondientes a los doce (12) transponders.

En un momento dado entran simultáneamente a la antena receptora del satélite diferentes clases de señales.

- Para la antenas esto NO representa ningún problema
- Sin embargo, NO resulta fácil construir aparatos electrónicos de alta potencia que relicen sus funciones de amplificación de manera óptima con todas esas señales simultáneamente.

- Resulta necesario aislar las señales:

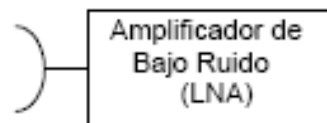
Para procesarlas y amplificarlas por separado, por esta razón se divide el ancho de banda del satélite en transponders.

- El primer dispositivo electrónico que se encuentran las señales recibidas por la antena es un Amplificador de Bajo Ruido:

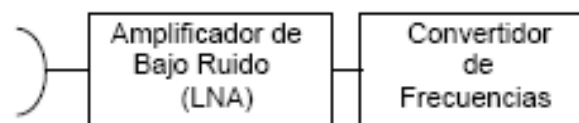
✓ Todos los dispositivos electrónicos generan ruido que se suma a las señales originales que entran a él para amplificación.

✓ Si las señales de ruido son muy grandes al sumarse con la señal original pueden alterar su contenido.

✓ Resulta importante que el ruido generado por este primer dispositivo sea muy pequeño



- Las estaciones terrestres receptoras también cuentan con un amplificador de bajo ruido por razones similares.
- El amplificador de bajo ruido tiene un ancho de banda de 500 Mhz (muy grande), debe ser capaz de amplificar simultáneamente todas las señales recibidas por la antena.
- Las señales pasan ahora a un Convertidor de Frecuencias que desplaza las señales a frecuencias más bajas del espectro.



- Para poder continuar procesando las señales es necesario separarlas, la separación la realiza un Demultiplexor.
- A continuación:
 - ✓ Cada bloque pasa por una etapa muy fuerte de amplificación proporcionada por un Amplificador de Potencia.
 - ✓ Los bloques son reunidos en un solo conjunto de 500 Mhz a través de un Multiplexor.

- El Multiplexor se encuentra conectado a la antena de transmisión.



- Para que no ocurra ningún conflicto entre las señales que llegan simultáneamente al satélite se establece un ORDEN mediante una técnica de ACCESO MULTIPLE de la cual existen tres variantes:

- ✓ Por división de frecuencia
- ✓ Por división de Tiempo
- ✓ Por división del Código

- Es necesario contar con una alternativa que brinde mayor flexibilidad, esa alternativa se denomina *Acceso Múltiple por División de Frecuencias con Asignación por Demanda o DAMA*.

- La técnica DAMA:

- ✓ Aprovecha los segmentos de frecuencia y la potencia del satélite cuando el tráfico es esporádico.
- ✓ Los segmentos se asignan únicamente durante el tiempo que se necesita para la comunicación.

- En esta técnica:

La frecuencia de la portadora transmitida puede cambiar en el tiempo, moviéndose en el espectro, la estación debe estar debidamente equipada para hacerlo.

- La ocupación de cualquier segmento vacío NO se hace de forma arbitraria, sino a través de una estación central que coordina las frecuencias disponibles.

- Cada vez que una estación terrestre desee iniciar una

- ✓ Debe solicitar a la estación central la asignación de una portadora.
- ✓ La estación central debe comunicarse con el destino para informarle que se le va a transmitir y en qué frecuencia debe sintonizarse para recibir la señal.

- Se puede dar el caso en el cual cada segmento tenga su propia frecuencia portadora y su ancho de banda es ocupado por un solo canal telefónico modulado, esta forma de transmisión se denomina *Canal Único por Portadora* SCPC (*Single Channel per Carrier*).

Acceso Múltiple por División en el Tiempo

- El *Acceso Múltiple por División en el Tiempo* o TDMA:
Técnica digital mediante la cual varias estaciones terrenas acceden u ocupan un transponder o parte de él.
- Un grupo de estaciones tienen asignados el mismo segmento con cierto ancho de banda fijo que se comparte entre ellas secuencialmente en el tiempo.
- Cada estación tiene un tiempo T para transmitir en cada segmento.
- El tiempo T asignado a cada estación no es necesariamente igual en todos los casos.
- Los tiempos asignados pueden ser fijos por estación, en cuyo caso se tiene *Acceso Múltiple por División en el Tiempo con* , o pueden variar con el tiempo.
- En estas condiciones es preciso reorganizar la distribución de los tiempos con una nueva estructura de ciclo de transmisión:
 - ✓ Las estaciones con exceso de tráfico podrán utilizar segmentos de tiempo más grandes.
 - ✓ Las estaciones con poco tráfico recibirán segmentos más cortos.
- Un sistema TDMA es más complejo que uno FDMA y necesita una buena coordinación entre las estaciones terrenas que lo usan y una estación de referencia.

Acceso Múltiple por Diferenciación de Código

- En el *Acceso Múltiple por diferenciación de Código* o CDMA:
El transponder completo es ocupado por varias estaciones que transmiten a la misma frecuencia y al mismo tiempo.
- Características:
 - ✓ La transmisión es completamente digital
 - ✓ Requiere de antenas terrestres receptoras y transmisoras muy pequeñas.
 - ✓ Ocupa un gran ancho de banda, cada bit de información se transforma en un nuevo tren de bits muy largo, de acuerdo con un código determinado previamente.

- Cada estación transmisora utiliza una secuencia diferente de bits para codificar cada uno de los bits de información.
- De las estaciones terrestres receptoras:
 - ✓ Solo la destinataria conoce el código con el que se transmitió
 - ✓ Solo ella es capaz de reconstruir el mensaje original aunque llegue superpuesto con los demás mensajes transmitidos que son detectados como ruido.

Subsistema de Potencia Eléctrica

- Todo satélite necesita un suministro de potencia eléctrica sin interrupción y sin variaciones significativas en los niveles de voltaje y corriente.
- El subsistema de potencia consiste de tres elementos:
 - ✓ Una fuente primaria
 - ✓ Una fuente secundaria
 - ✓ Un acondicionador.
- El **ACONDICIONADOR**:
Constituido por dispositivos y circuitos de protección que regulan y distribuyen la electricidad con los niveles adecuados a cada una de las partes del satélite.
- La fuente primaria de energía se encuentra paneles de celdas solares.

Subsistema de Control Térmico

- Los diversos componentes del satélite requieren rangos distintos de temperatura para operar eficientemente.
- Resulta necesario mantener el equilibrio térmico del conjunto para que dichos rangos se conserven.
- El satélite genera calor en su interior proveniente de:
 - ✓ Los amplificadores de Potencia
 - ✓ La energía que absorbe del Sol y de la Tierra

Subsistema de Posicionamiento y Orientación

- El objetivo de un satélite:
 - ✓ Recibir señales desde alguna parte de la Tierra
 - ✓ Retransmitirlas hacia otra a través de sus antenas.
- Es necesario mantener una cierta orientación de la estructura del satélite con respecto a la superficie de la Tierra.
- Las fuerzas perturbadoras en el espacio no dejan de provocar cambios en la posición del satélite sobre su órbita y en su orientación con respecto de la superficie de la Tierra.
- Es necesario poder determinar en todo instante la posición del satélite y cuál es su orientación.

- Para conocer la posición se requiere medir la distancia a la que se encuentra y la dirección o ángulo con respecto a algún punto de referencia sobre la Tierra (el centro de control).
- La distancia se mide:
 - ✓ Transmitiendo una señal piloto hacia el satélite, que éste retransmite
 - ✓ La diferencia que se detecta en el centro de control entre las fases de la señal transmitida y la recibida es un indicador de la distancia.
- La medición del ángulo o la dirección en la que se halla se puede hacer por *INTERFEROMETRIA*, empleando dos estaciones separadas y comparando las señales piloto recibidas por cada una de ellas.

Sistema de Propulsión

- Se encarga de proporcionar incrementos de velocidad para corregir la posición y orientación del satélite.

Subsistema de Seguimiento, Telemetría y Telemando

- Se encarga de intercambiar información con el control en Tierra para mantener en operación el satélite.

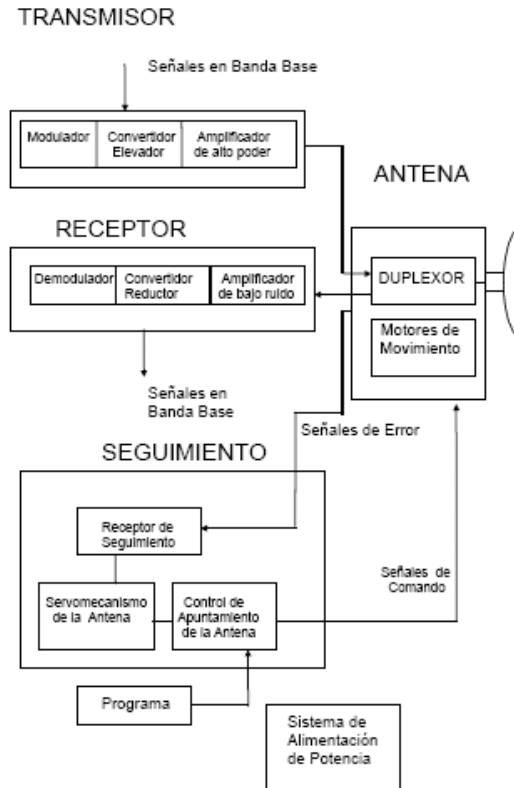
Subsistema de Estructura

- Se encarga de alojar todos los equipos y darle la rigidez al conjunto.

4.3 ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UNA ESTACION TERRESTRE

- Una estación terrestre:

Consta de una serie de equipos interconectados entre sí que permiten la comunicación con el satélite desde la Tierra.
- Los bloques básicos que la componen son:
 - ✓ La Antena
 - ✓ El Seguimiento del Satélite
 - ✓ El Transmisor
 - ✓ El Receptor
 - ✓ El Suministro de Potencia



La Antena

- Qué es una antena ?
Es un dispositivo para transmitir y recibir ondas de radio.
- El elemento más distintivo de una estación terrena es la Antena Parabólica.
- Una antena parabólica tiene las siguientes propiedades:
 - ✓ Refleja las señales que llegan a ella y las concentra como si fuera un lente en un punto llamado foco (Modo de Recepción)
 - ✓ Si las señales provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy delgado de radiación (Modo de Transmisión).
- El foco de la antena coincide con el foco geométrico del paraboloide y en él se coloca el alimentador.

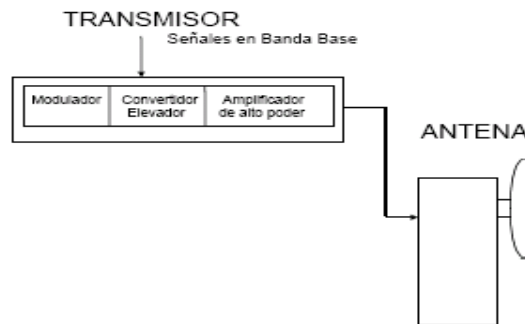
El Seguimiento del Satélite

- Existen fundamentalmente dos tipos de sistemas de seguimiento:
 - ✓ El preprogramado
 - ✓ El automático.
- El seguimiento preprogramado:
Consiste en determinar con anticipación los movimientos del satélite y programar el mecanismo de orientación de la antena para que lo siga.

- El **Método automático de seguimiento por pasos**:
 - ✓ A intervalos regulares, la antena detecta la intensidad de la señal emitida por el satélite.
 - ✓ A continuación gira un poco ("da un paso") y compara la intensidad de la señal recibida con la anterior.
 - ✓ Si el nivel de la señal baja, entonces se mueve ahora en la dirección opuesta, y si aumenta en ese sentido, continúa hasta detectar el nivel máximo.

El Transmisor

- El equipo transmisor consta de tres módulos que se muestran en el siguiente diagrama:
 - ✓ Modulador
 - ✓ Convertidor Elevador
 - ✓ Amplificador de Alta Potencia



Modulador

- Se encarga de:
 - ✓ Combinar la forma de onda de la señal original con la señal portadora
 - ✓ Modificar el ancho de banda de frecuencias y la posición de la información dentro del espectro la cual es transferida a frecuencias más altas.

Convertidor Elevador

- La frecuencia intermedia a la cual son llevadas las señales no es adecuada todavía para radiarla eficientemente a través de la
- Es necesario utilizar un equipo convertidor elevador de frecuencia.
- Se encarga de transferir la señal de la frecuencia intermedia (70 Mhz, 140 Mhz o 1 Ghz) a un sitio más elevado del espectro (6 Ghz o 14 Ghz).
- La señal tiene ahora la frecuencia apropiada para poder ser radiada pero su nivel de potencia es muy bajo.

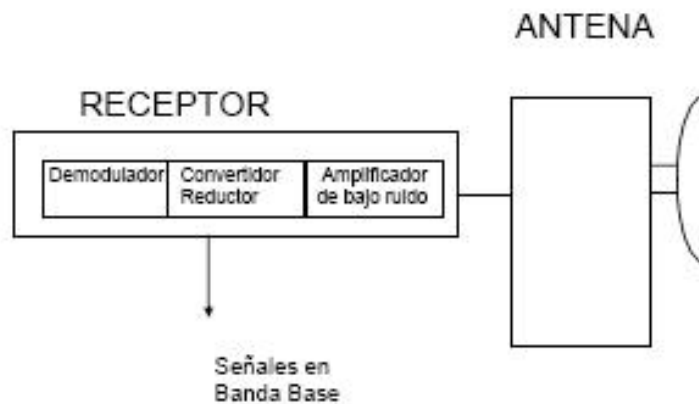
Amplificador de Alta Potencia

Se encarga de suministrar la potencia suficiente para que la señal pueda viajar desde la estación terrena hasta el satélite.

El Receptor

Generalidades

En el siguiente diagrama se ilustra la configuración básica del bloque de recepción:



- La antena recibe simultáneamente todas las señales transmitidas por el satélite.
- La estación, después de capturar y amplificar toda la información debe separar sólo aquella parte que sea de su interés para procesarla.
- Las señales de interés para la estación terrestre no necesariamente se encuentran contiguas en frecuencia, ocupan posiciones diferentes dentro del ancho de banda del satélite.

Amplificador de Bajo Ruido

- A su llegada, la señal tiene una intensidad muy baja y es muy vulnerable ante cualquier ruido que se le pueda añadir antes de ser amplificada a un nivel aceptable.
- El amplificador de bajo ruido debe ser altamente sensible y el nivel de ruido que genere debe ser lo más bajo posible.
- La antena y el amplificador de bajo ruido son los elementos más importantes de la estación terrena receptora, determinan la calidad de su operación.

4.3.1 CONVERSION DE FRECUENCIA, DEMODULACION Y CALIDAD DE RECEPCION

- Conectados en cadena al amplificador de bajo ruido tenemos:
 - ✓ Un convertidor reductor de frecuencias
 - ✓ Un demodulador
 - ✓ Filtros Intermedios
- El convertidor/reductor de frecuencias:

Tiene como función transferir toda esa información de 500 Mhz a una región más baja del espectro.
- El demodulador:

La señal que sale del convertidor reductor aún se encuentra modulada y el paso siguiente para recuperarla en su forma original (banda base) es demodularla.

El Suministro de Potencia
- El tipo de servicio que una estación terrestre presta determina la complejidad y confiabilidad necesarias de su sistema de suministro de potencia.
- Las estaciones terrestres más importantes de una red de comunicaciones vía satélite tienen su propia
- La potencia que este sistema debe proporcionar es muy grande, entre 50 y 100 KVA, de la cual aproximadamente un 80% es consumida por los amplificadores de potencia.

4.3.2 ASPECTOS PRACTICOS DE LA COMUNICACIÓN SATELITAL

- Existe un retraso de 0.5 segundos en las comunicaciones ello puede dar lugar a problemas con protocolos en tiempo real.
- Los satélites tienen una vida media de 7 a 10 años, pero, pueden sufrir fallos que provocan su salida de servicio, es necesario contar con alternativas.
- Las estaciones terrenas suelen estar lejos de los usuarios y a menudo se necesitan caros enlaces de alta velocidad.
- Las comunicaciones con los satélites pueden ser interceptadas (Factor de SEGURIDAD).
- Los satélites geostacionarios pasan por períodos en los cuales NO funcionan a plena capacidad (eclipse de sol).

4.4 ¿QUÉ ES UN SATELITE?

¿Qué es un Satélite?

- Un satélite es un repetidor de microondas localizado en el cielo.
- Su Ancho de Banda es muy grande, alrededor de 500 Mhz, por lo tanto, se lo subdivide en **TRANSPONDERS**, cada uno de los cuales escucha una porción del espectro.
- El Transponder:
 - Recibe, Demodula, Amplifica y Retransmite la señal.

Page 5

¿Qué es un Satélite?

THE ELECTRO-MAGNETIC SPECTRUM

- SHF - 30,000 MHz
- UHF - 3,000 MHz
- VHF - 300 MHz
- SHOROT WAVELENGTH - 30 MHz
- MF - 3 MHz
- LF - 300 kHz
- VLF - 3 MHz

Page 6

¿Qué es un Satélite?

- Los primeros satélites tenían un haz espacial que cubría todas las estaciones terrestres.

Page 7

¿Qué es un Satélite?

- En la actualidad, la estrategia de difusión es más sofisticada, cada satélite está equipado con múltiples antenas y transponders.
- Cada uno de los haces de información provenientes del satélite cubre un área geográfica muy pequeña.
- Pueden realizarse varias transmisiones de haces hacia el satélite.
- A estas transmisiones se las llama **TRAZA DE ONDAS DIRIGIDAS**.

Page 8

¿Qué es un Satélite?

Page 9

¿Qué es un Satélite?

Page 10

Orbita Geoestacionaria

Page 11

Orbita Geoestacionaria.

- Según las Leyes de Kepler, el período orbital de un satélite varía de acuerdo con el radio de la órbita elevado a la potencia 3/2.
- A una altura de 36.000 Kilómetros por encima del Ecuador:
 - El período del satélite es de 24 Horas.
 - El satélite girará a la misma velocidad de la Tierra.
- Por consiguiente: $T_{sat} = T_{tierra}$

Page 12

Orbita Geoestacionaria.

Consecuencias:

- El satélite se observa como un punto fijo en el cielo.
- NO es necesario que la estación terrena "rastree" el satélite.
- Esta órbita se denomina Orbita Geoestacionaria. Ha sido considerada como un recurso natural no renovable.

Page 13



Orbita Geoestacionaria.

¿Cómo llegar a la Orbita Geoestacionaria?

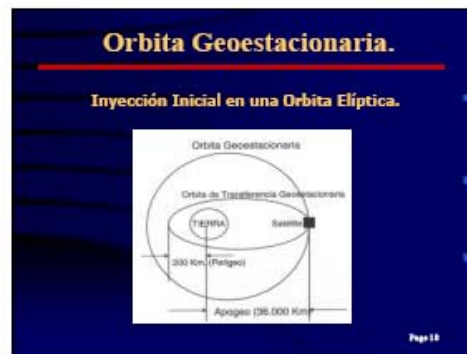
Para hacerlo es necesario tener en cuenta:

- Los principios de la Mecánica Clásica (Newton).
- Las Leyes de Kepler.

Procedimientos:

- Inyección Directa en la Orbita Geoestacionaria.
- Inyección Inicial en una Orbita Elíptica.
- Inyección en una Orbita Circular Baja.

Page 15



Orbita Geoestacionaria.

Inyección en una Órbita Circular Baja.

Page 19

Otras Orbitas.

Page 18

Ordenamiento de Frecuencias

Page 21

Ordenamiento de Frecuencias.

- Con el objetivo de prevenir un posible caos en el cielo se han establecido acuerdos internacionales sobre:
 - ¿ QUIEN puede hacer uso de las frecuencias?
 - ¿ CUALES son esas frecuencias?

Page 22

Ordenamiento de Frecuencias.

Page 23

Ordenamiento de Frecuencias.

| Banda | Rango-Ghz. |
|-----------------------------|------------|
| L (Comunicaciones Móviles) | 1-2 |
| S (Móviles/Reservada) | 2-4 |
| C (Comercial) | 4-8 |
| X (Reservada) | 8-12 |
| Ku (Comercial) | 12-18 |
| K (Radioenfases/Microondas) | 18-27 |
| Ka | 27-40 |

Page 24

Enlace Satelital Básico

Page 14

Enlace Satelital Básico.



Page 15

Enlace Satelital Básico.

-Principios Básicos de Operación-

- Recibe la señal de la estación terrena.
- Cambia la señal a la frecuencia de bajada.
- Conmuta la Señal.
- Amplifica la Señal.
- Transmite a la Estación Terrena.

Page 17

Enlace Satelital Básico.



Page 18

Estructura de un Satélite

Page 19

Estructura de un Satélite.

- Un Satélite puede ser considerado como un conjunto de Subsistemas:
 - ✓ Subsistema de Antenas.
 - ✓ Subsistema de Comunicaciones.
 - ✓ Subsistema de Potencia Eléctrica.
 - ✓ Subsistema de Control Térmico.
 - ✓ Subsistema de Posicionamiento y Orientación.
 - ✓ Subsistema de Seguimiento, Telemetría y Telemando.

Page 19

Estructura de un Satelite.

-Subsistema de Antenas-

● Las Antenas:

Reciben las señales de radiofrecuencia provenientes de las estaciones terrenas y las transmiten de regreso a la Tierra concentradas en un haz.

● En todo enlace satelital existen dos enlaces:

- ✓ Enlace de Subida (*Uplink*).
- ✓ Enlace de Bajada (*Downlink*).

Página 31

Estructura de un Satelite.

- La frecuencia del enlace de subida difiere de la del enlace de bajada para evitar interferencia.

● Las antenas son:

- ✓ El punto de E/S del satélite.
- ✓ La interfase o etapa de transformación entre las señales electromagnéticas que viajan por el espacio y las señales que circulan por los diferentes subsistemas del satélite.

Página 32

Estructura de un Satelite.

-Subsistema de Comunicaciones-

● Procesos a su cargo:

- ✓ Amplificación de Señales para que puedan ser recibidas a su regreso con buena calidad.
- ✓ Cambio de frecuencia del Uplink al Downlink.

Página 33

Estructura de un Satelite.

- El primer dispositivo electrónico que se encuentran las señales recibidas por la antena es un **Amplificador de Bajo Ruido**:

- ✓ Todos los dispositivos electrónicos generan ruido que se suma a las señales originales que entran a él para ser amplificadas.
- ✓ Si las señales de ruido son muy grandes al sumarse con la señal original puede alterar su contenido.
- ✓ Resulta muy importante que el ruido generado por este primer dispositivo sea muy pequeño.

Página 34

Estructura de un Satelite.

- Las señales pasan ahora a un **Convertidor de Frecuencias** que desplaza las señales a frecuencias más bajas del espectro.
- Para poder continuar procesando las señales es necesario separarlas, la separación la realiza un **Demultiplexor**.
- Cada bloque pasa a una etapa muy fuerte de amplificación proporcionada por un **Amplificador de Potencia**.
- Los bloques son reunidos en un solo conjunto de 500 Mhz a través del **Multiplexor**.

Página 35

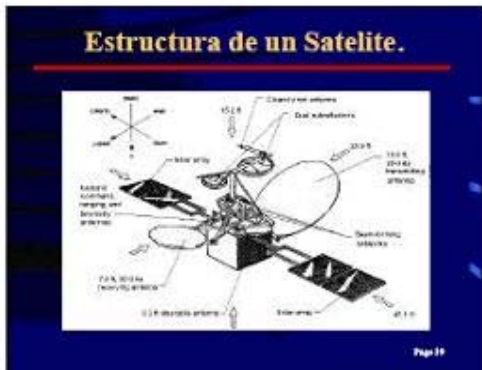
Estructura de un Satelite.

- El multiplexor se encuentra conectado a la antena de transmisión.

Página 36



- ### Estructura de un Satelite.
- Para que no ocurra ningún conflicto entre las señales que llegan simultáneamente a un satélite se establece un ORDEN a través de una técnica de acceso múltiple.
 - Alternativas:
 - ✓ Acceso Múltiple por División de Frecuencia.
 - ✓ Acceso Múltiple por División de Tiempo.
 - ✓ Acceso Múltiple por División del Código.
- Page 28



Estructura de una Estación Terrena

Page 30

- ### Estructura de una Estación Terrena.
- Una estación Terrena puede ser considerada como un conjunto de componentes:
 - ✓ La Antena.
 - ✓ Seguimiento del Satélite.
 - ✓ El Transmisor.
 - ✓ El Receptor.
 - ✓ Suministro de Potencia.
- Page 41

- ### Estructura de una Estación Terrena.
- La Antena-
- Es el dispositivo usado por la estación para transmitir/recibir ondas de radio.
 - El elemento más distintivo de una estación terrena es la *Antena Parabólica*.
 - Propiedades de la Antena Parabólica:
 - ✓ Refleja las señales que llegan a ella y las concentra como si fuera un lente en un punto llamado foco.
 - ✓ Si las señales provienen del foco, las refleja y las concentra en un delgado haz de radiación.
- Page 42

Estructura de una Estación Terrena.

-La Antena Parabólica-



Diagram illustrating the structure of a parabolic antenna. It shows a cross-section of the dish with a focal point where the feed horn is located. The diameter of the dish is labeled as D . The diagram also shows the feed horn and the focal point.

Page 43

Estructura de una Estación Terrena.

-La Antena Parabólica-



Diagram illustrating the structure of a parabolic antenna. It shows a cross-section of the dish with a focal point where the feed horn is located. The diameter of the dish is labeled as D . The diagram also shows the feed horn and the focal point.

Page 44

Estructura de una Estación Terrena.

-Seguimiento del Satélite-



Diagram illustrating the structure of a satellite tracking system. It shows a receiver of telemetry, a station of tracking, and a transmitter of telemetry. The receiver of telemetry is connected to the station of tracking, which is connected to the transmitter of telemetry. The station of tracking is also connected to a computer system labeled 'Ordenador de Control'.

Page 45

Estructura de una Estación Terrena.

- El Transmisor-

- Se encuentra compuesto por tres módulos :
- ✓ El Modulador.
- ✓ El Convertidor/Elevador.
- ✓ El Amplificador de Alta Potencia.

Page 46

Estructura de una Estación Terrena.

- El Transmisor-



Diagram illustrating the structure of a transmission link. It shows a transmitter, a satellite, and a receiver. The transmitter is connected to the satellite, which is connected to the receiver. The diagram is labeled 'Enlace de Transmisión'.

Page 47

Estructura de una Estación Terrena.

- El Transmisor-

- El Modulador se encarga de:
- ✓ Combinar la forma de onda de la señal original con la señal portadora.
- ✓ Modificar el ancho de banda de frecuencias y la posición de la información dentro del espectro que se lleva a frecuencias más altas.

Page 48

Estructura de una Estación Terrena.

- El Transmisor-

- El Convertidor/Elevador se encarga de:
 - ✓ Transferir la señal de la frecuencia intermedia a un sitio más elevado del espectro donde puede ser radiada eficientemente.
 - ✓ La señal tiene ahora la frecuencia apropiada para poder ser radiada pero su nivel de potencia es muy bajo.

Página 49

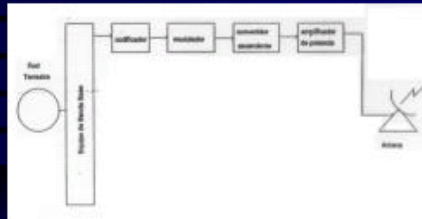
Estructura de una Estación Terrena.

- El Transmisor-

- El Amplificador de Alta Potencia se encarga de:
 - Suministrar la potencia suficiente para que la señal pueda viajar desde la estación terrena hasta el satélite

Página 50

Estructura de una Estación Terrena.



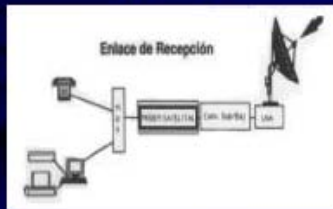
Estructura de una Estación Terrena.

- El Receptor-

- Se encuentra compuesto por tres módulos :
 - ✓ El Demodulador.
 - ✓ El Convertidor/Reductor.
 - ✓ El Amplificador de Bajo Ruido.

Estructura de una Estación Terrena.

- El Receptor-



Estructura de una Estación Terrena.

- El Receptor-

- La antena recibe simultáneamente todas las señales transmitidas por el satélite.
- La estación, después de capturar y amplificar toda la información debe separar SOLO aquella que sea de su interés.

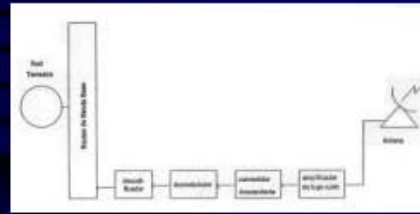
Estructura de una Estación Terrena.

- El Receptor-

- El Amplificador de Bajo Ruido:
 - ✓ A su llegada, la señal tiene una intensidad muy baja y es muy vulnerable a cualquier ruido que se le añade antes de amplificar.
 - ✓ El amplificador de bajo ruido debe ser muy sensible y el nivel de ruido que genere debe ser mínimo.

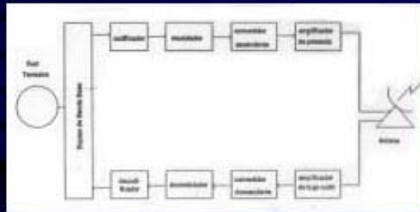
Página 25

Estructura de una Estación Terrena.



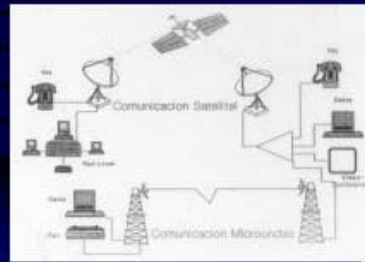
Página 26

Estructura de una Estación Terrena.



Página 27

Estructura de una Estación Terrena.



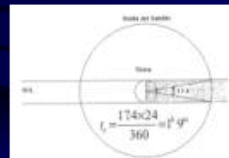
Página 28

Aspectos Prácticos de la Comunicación Satelital.

- Existe un retraso de 0.5 seg. en las comunicaciones, ello puede dar lugar a problemas con protocolos en tiempo real.
- Los satélites tienen una vida media útil de 7 a 10 años, pero, pueden sufrir fallos que provocan su salida de servicio, se debe contar con alternativas.
- Las estaciones terrenas pueden estar lejos de los usuarios y a menudo se necesitan enlaces de alta velocidad costosos.

Aspectos Prácticos de la Comunicación Satelital.

- Los satélites geostacionarios pueden pasar por periodos en los que no funcionan a plena capacidad (Eclipse)



Aspectos Prácticos de la Comunicación Satelital.



Página 41

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE LA COMUNICACIÓN SATELITAL

5.1 Introducción

En nuestros días, la comunicación satelital es muy importante, pues nos permite el mejor y más rápido manejo de datos y la transmisión de información a grandes distancias.

Cuando se piensa en comunicación de datos generalmente se piensa en comunicación a través de cable, debido a que la mayoría de nosotros tratamos con este tipo de tecnología en la actualidad.

Haciendo a un lado las complicadas redes cableadas también tenemos la llamada comunicación inalámbrica muy comúnmente a nuestro alrededor.

La Comunicación de datos inalámbrica en la forma de microondas y enlaces de satélites son usados para transferir voz y datos a larga distancia.

Los canales inalámbricos son utilizados para la comunicación digital cuando no es económicamente conveniente la conexión de dos puntos vía cable; además son ampliamente utilizados para interconectar redes locales (LANS) con sus homologas redes de área amplia (WANS) sobre distancias moderadas y obstáculos como autopistas, lagos, edificios y ríos.

Los enlaces vía satélite permiten no sólo rebasar obstáculos físicos sino que son capaces de comunicar continentes enteros, barcos, rebasando distancias sumamente grandes.

Los sistemas de satélites y de microondas utilizan frecuencias que están en el rango de los MHz y GHz, usualmente utilizan diferentes frecuencias para evitar interferencias pero comparten algunas bandas de frecuencias.

5.2 Comunicación vía microondas

Básicamente, un enlace vía microondas consiste en tres componentes fundamentales:

- ⇒ El Transmisor
- ⇒ El receptor
- ⇒ El Canal Aéreo.

El Transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir; El Canal Aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor,;y el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

El factor limitante de la propagación de la señal en enlaces microondas es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe ser libre de obstáculos. Otro aspecto que se debe señalar es que en estos enlaces, el camino entre el receptor y el transmisor debe tener una altura mínima sobre los obstáculos en la vía, para compensar este efecto se utilizan torres para ajustar dichas alturas.

5.3 Antenas y torres de microondas

La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras, las cuales amplifican y redireccionan la señal. Es importante destacar que los obstáculos de la señal pueden ser salvados a través de reflectores pasivos.

Las figuras 5.1 y 5.2 muestran como trabaja un repetidor y como se ven los reflectores pasivos.

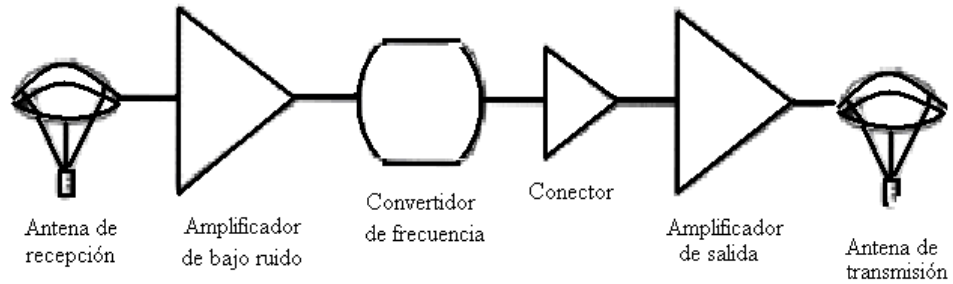


Figura 5.1 Elementos de comunicación por microondas

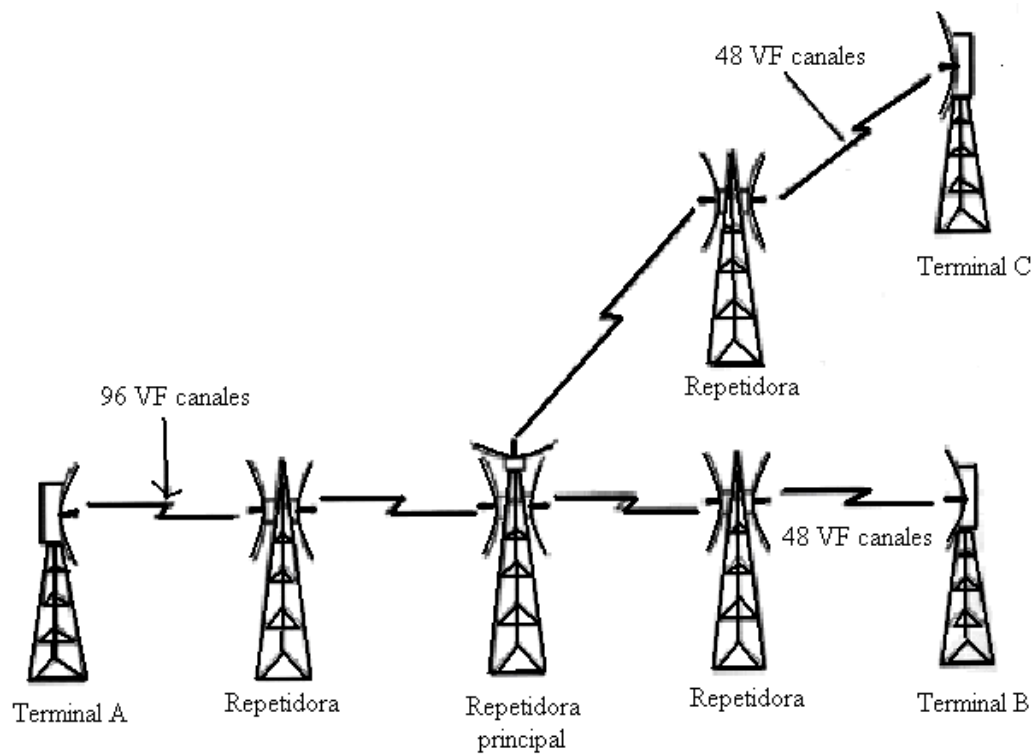


Figura 5.2 Comunicación por antenas

La señal de microondas transmitidas es distorsionada y atenuada mientras viaja desde el transmisor hasta el receptor, estas atenuaciones y distorsiones son causadas por una

perdida de poder dependiente a la distancia, reflexión y refracción debido a obstáculos y superficies reflectoras, y a pérdidas atmosféricas.

La siguiente es una lista de frecuencias utilizadas por los sistemas de microondas:

| Acarreo común | Ajuste operacional |
|----------------------|---------------------------|
| 2.110 | 130 GHz |
| 1.850 | 1.990 GHz |
| 2.160 | 2.180 GHz |
| 2.130 | 2.150 GHz |
| 3.700 | 4.200 GHz |
| 2.180 | 2.200 GHz |
| 5.925 | 6.425 GHz |
| 2.500 | 2.690 GHz |
| 10.7 | 11.700 GHz |
| 6.575 | 6.875 GHz |
| 12.2 | 12.700 GHz |

Debido al uso de las frecuencias antes mencionadas algunas de las ventajas son:

- ⇒ Antenas relativamente pequeñas son efectivas. A estas frecuencias las ondas de radio se comportan como ondas de luz, por ello la señal puede ser enfocada utilizando antenas parabólicas y antenas de embudo, además pueden ser reflejadas con reflectores pasivos.

- ⇒ El ancho de banda va de 2 a 24 GHz.

Como todo en la vida, el uso de estas frecuencias también posee desventajas:

- ⇒ Las frecuencias son susceptibles a un fenómeno llamado Disminución de Multicamino (Multipath Fading), lo que causa profundas disminuciones en el poder de las señales recibidas.

- ⇒ A estas frecuencias las pérdidas ambientales se transforman en un factor importante, la absorción de poder causada por la lluvia puede afectar dramáticamente el Performance del canal.

5.4 Comunicación por satélite

Básicamente, los enlaces satelitales son iguales a los de microondas excepto que uno de los extremos de la conexión se encuentra en el espacio.

Como se había mencionado, un factor limitante para la comunicación microondas es que tiene que existir una línea recta entre los dos puntos pero como la tierra es esférica esta línea se ve limitada en tamaño entonces, colocando sea el receptor o el transmisor en el espacio se cubre un área más grande de superficie.

La figura 5.3 muestra un diagrama sencillo de un enlace vía satélite, nótese que los términos uplink y downlink aparecen en la figura, el primero se refiere al enlace de la tierra al satélite y la segunda de regreso; es decir, del satélite a la tierra.

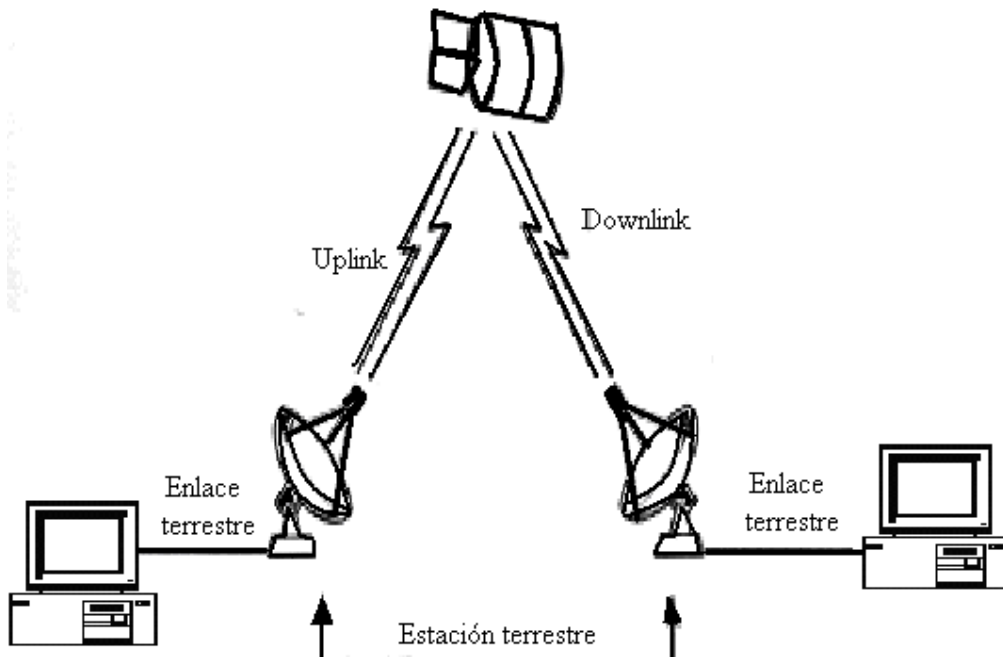
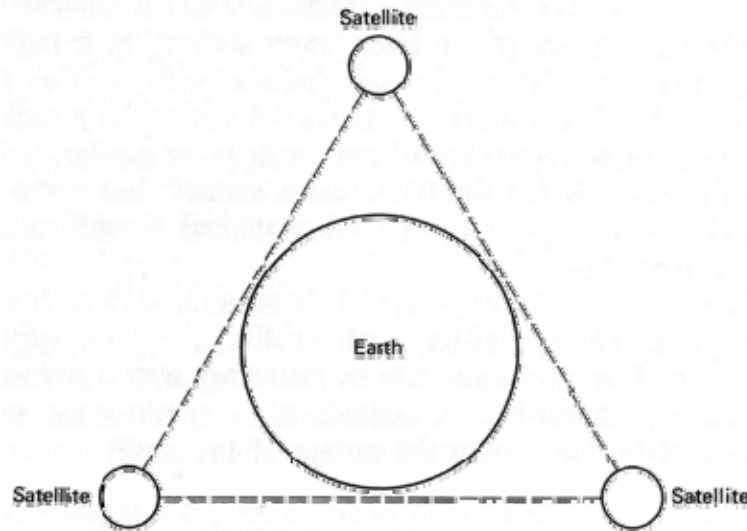


Figura 5.3 Enlace vía satélite

Las comunicaciones vía satélite poseen numerosas ventajas sobre las comunicaciones terrestres, la siguiente es una lista de algunas de estas ventajas:

- ⇒ El costo de un satélite es independiente a la distancia que valla a cubrir.
- ⇒ La comunicación entre dos estaciones terrestres no necesita de un gran número de repetidoras puesto que solo se utiliza un satélite.
- ⇒ Las poblaciones pueden ser cubiertas con una sola señal de satélite, sin tener que preocuparse en gran medida del problema de los obstáculos.
- ⇒ Grandes cantidades de ancho de bandas están disponibles en los circuitos satelitales generando mayores velocidades en la transmisión de voz, data y vídeo sin hacer uso de un costoso enlace telefónico.
- ⇒ Estas ventajas poseen sus contrapartes, alguna de ellas son:
 - ⇒ El retardo entre el UPLINK y el DOWNLINK esta alrededor de un cuarto de segundo, o de medio segundo para una señal de eco.
 - ⇒ La absorción por la lluvia es proporcional a la frecuencia de la onda.
 - ⇒ Conexiones satelitales multiplexadas imponen un retardo que afectan las comunicaciones de voz, por lo cual son generalmente evitadas.

Los satélites de comunicación están frecuentemente ubicados en lo que llamamos Orbitas Geosincronizadas, lo que significa que el satélite circulará la tierra a la misma velocidad en que esta rota lo que lo hace parecer inmóvil desde la tierra. Una ventaja de esto es que el satélite siempre está a la disposición para su uso. Un satélite para estar en este tipo de órbitas debe ser posicionado a 13.937,5 Kms. de altura, con lo que es posible cubrir a toda la tierra utilizando solo tres satélites como lo muestra la figura.



Un satélite no puede retransmitir una señal a la misma frecuencia a la que es recibida, si esto ocurriese el satélite interferiría con la señal de la estación terrestre, por esto el satélite tiene que convertir la señal recibida de una frecuencia a otra antes de retransmitirla, para hacer esto lo hacemos con algo llamado "Transponders". La siguiente imagen muestra como es el proceso.

Al igual que los enlaces de microondas las señales transmitidas vía satélites son también degradadas por la distancia y las condiciones atmosféricas.

Otro punto que cabe destacar es que existen satélites que se encargan de regenerar la señal recibida antes de retransmitirla, pero estos solo pueden ser utilizados para señales digitales, mientras que los satélites que no lo hacen pueden trabajar con ambos tipos de señales (Análogas y Digitales).

1. MICROONDAS

Se denomina así la porción del espectro electromagnético que cubre las frecuencias entre aproximadamente 3 Ghz y 300 Ghz ($1 \text{ Ghz} = 10^9 \text{ Hz}$), que corresponde a la longitud de onda en vacío entre 10 cm. y 1mm.

La propiedad fundamental que caracteriza a este rango de frecuencia es que el rango de ondas correspondientes es comparable con la dimensión físicas de los sistemas de laboratorio; debido a esta peculiaridad, las m. Exigen un tratamiento particular que no es extrapolable de ninguno de los métodos de trabajo utilizados en los márgenes de frecuencias con que limita. Estos dos límites lo constituyen la radiofrecuencia y el infrarrojo lejano. En radiofrecuencia son útiles los conceptos de circuitos con parámetros localizados, debido a que, en general, las longitudes de onda son mucho mayores que las longitudes de los dispositivos, pudiendo así, hablarse de autoinducciones, capacidades, resistencias, etc., debido que no es preciso tener en cuenta la propagación efectiva de la onda en dicho elemento; por el contrario, en las frecuencias superiores a las de m. son aplicables los métodos de tipo ÓPTICO, debido a que las longitudes de onda comienzan a ser despreciables frente a las dimensiones de los dispositivos.

El método de análisis más general y ampliamente utilizado en m. consiste en la utilización del campo electromagnético caracterizado por los vectores (E, B, D y H en presencia de medios materiales), teniendo en cuenta las ecuaciones de MAXWELL (v), que rigen su comportamiento y las condiciones de contorno metálicos son muy frecuentes a estas frecuencias, cabe destacar que, p.ej, el campo E es normal y el campo H es tangencial en las proximidades externas de un conductor. No obstante, en las márgenes externas de las m. se utilizan frecuentemente los métodos de análisis correspondientes al rango contiguo del espectro; así, a frecuencias elevadas m. son útiles los conceptos de RAYO, LENTE, etc., ampliamente utilizados en óptica, sobre todo cuando la propagación es transversal electromagnética, (TEM, E y B perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación) en el espacio libre. Por otro lado, a frecuencias bajas de m, colindantes con las radiofrecuencias, es útil la teoría de circuitos con parámetros distribuidos, en la que toma en cuenta la propagación efectiva que va a tener la onda en un elemento cualquiera. Así, un trozo de cable metálico, que

en baja frecuencia representa simplemente un corto circuito que sirve para efectuar una conexión entre elementos, dejando equipotenciales los puntos que une, a alta frecuencia un sistema cuya frecuencia, por efecto peculiar, puede no ser despreciable y cuya autoinducción puede causar una impedancia que sea preciso tomar en cuenta. Entonces es preciso representar este cable a través de su impedancia (resistencia y autoinducción) por unidad de longitud.

También en la parte de instrumentación experimental, generación y transmisión de m, estas tienen peculiaridades propias que obligan a utilizar con características diferentes a los de los rangos de frecuencias vecinos. Respecto a limitaciones que impiden su funcionamiento a frecuencias de m., como a continuación esquematizamos.

Las líneas de baja frecuencia son usualmente ABIERTAS, con lo cual, si se intenta utilizar a frecuencias elevadas, automáticamente surgen problemas de radiación de la energía electromagnética; para superar este inconveniente es necesario confirmar los campos electromagnéticos, lo que normalmente se efectúa por medio de contornos metálicos; así, los sistemas de transmisión usuales a m. son, o bien líneas coaxiales, o bien, en general, guías de onda continuadas por conductores abiertos o tuberías. En este sentido es ilustrativo ver la evolución de un circuito resonante LC paralelo de baja frecuencia hacia una cavidad resonante, que es circuito equivalente en m. Como a alta frecuencia las inductancias y capacidades (ELECTROSTÁTICA; INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA), cobran gran importancia, por pequeñas que sean, un circuito resonante para frecuencias RELATIVAS ALTAS puede ser sencillamente dos placas paralelas y una espira uniendo ambas placas; es para reducir aún más la inductancia se ponen varias espiras en paralelo, se llega a obtener una región completamente cerrada por paredes conductoras.

La energía electromagnética solo puede almacenarse en una cavidad a frecuencias próximas a las denominadas de resonancia de la misma, las cuales dependen fundamentalmente de su geometría; los campos anteriores penetran solo en una capa delgada de las paredes metálicas siendo el espesor δ , de esta capa, denominada profundidad de penetración, dependiente de la frecuencia y de la conductividad del material que constituya a la cavidad a través de la expresión $\delta = \frac{2}{WU}$, donde W,U y son respectivamente la frecuencia de la onda, la permeabilidad magnética y conductividad del material (ELÉCTRICA, CONDUCCIÓN,

ELECTROMAGNETISMO) así, para los siguientes metales: aluminio, oro, cobre y plata, los valores de δ a 3Ghz son respectivamente de 1,6, 1,4, 1,2 y 1,4 u. De esta forma es fácil comprender que la energía disipada en las cavidades, si éstas están hechas por buenos conductores, es pequeña, con lo cual las Q, o factores de mérito de las cavidades resonantes $Q = 2\pi f W$ (energía almacenada)/(energía disipada por ciclo), suelen estar en orden de 10^4 , pudiendo alcanzar valores mas elevados. Por otra parte el pequeño valor de δ permite fabricar guías de excelente calidad con un simple recubrimiento interior de buen material conductor, (plateado o dorado).

La utilización en m, de las válvulas de vacío convencionales, como amplificadores osciladores, esta limitada, por una parte, por el tiempo de tránsito de los electrones en el interior de la válvula y, por otra, por las inductancias y por las capacidades asociadas al cableado y los electrodos de la misma.

El tiempo de tránsito al hacerse comparable con el período de las oscilaciones, da lugar a que haya un defase entre el campo y las oscilaciones de los electrones; esto implica un consumo de energía que disminuye la impedancia de entrada de la válvula, aunque su rejilla, polarizada negativamente, no capte electrones. Las inductancias y capacidades parásitas causan efectos de resonancia y acople interelectrónico que también conducen a una limitación obvia.

Son muchas las modificaciones sugeridas y utilizadas para superar estos inconvenientes, basándose en los mismos principios de funcionamiento, pero, a frecuencias ya de lleno en el rango de las m., tanto los circuitos de válvulas como los semiconductores trabajan según una concepción completamente diferente a los correspondientes de la baja frecuencia.

MODULACION EN MICROONDAS

Los generadores de microondas son generadores críticos en cuanto a la tensión y la corriente de funcionamiento.

Uno de los medios es no actuar sobre el generador o amplificador pero si utilizar un dispositivo diodo pin en la guía de salida, modulada directamente la amplitud de la onda.

Otro medio es utilizar un desfasador de ferrita y modular la onda en fase. En este caso es fácil obtener modulación en frecuencia a través del siguiente proceso:

En una primera etapa, se modula en FM una portadora de baja frecuencia, por ejemplo 70 Mhz.

En una segunda etapa, esta portadora modulada es mezclada con la portadora principal en frecuencia de Ghz, por ejemplo 10 Ghz.

Un filtro de frecuencias deja pasar la frecuencia suma, 10070 Mhz con sus bandas laterales de 3 Mhz y por lo tanto la banda pasante será de 10067 a 10073 Mhz que es la señal final de microondas.

En el receptor se hace la mezcla de esta señal con el oscilador local de 10 Ghz seguido de un filtro que aprovecha la frecuencia de diferencia 70 Mhz la cual es amplificada y después detectada por las técnicas usuales en FM.

VENTAJAS DE LOS RADIOENLACES DE MICROONDAS COMPARADOS CON LOS SISTEMAS DE LÍNEA METÁLICA

- ⇒ Volumen de inversión generalmente mas reducido.
- ⇒ Instalación más rápida y sencilla.
- ⇒ Conservación generalmente más económica y de actuación rápida.
- ⇒ Puede superarse las irregularidades del terreno.
- ⇒ La regulación solo debe aplicarse al equipo, puesto que las características del medio de transmisión son esencialmente constantes en el ancho de banda de trabajo.
- ⇒ Puede aumentarse la separación entre repetidores, incrementando la altura de las torres.

DESVENTAJAS DE LOS RADIOENLACES DE MICROONDAS COMPARADOS CON LOS SISTEMAS DE LÍNEA METÁLICA

- ⇒ Explotación restringida a tramos con visibilidad directa para los enlaces.
- ⇒ Necesidad de acceso adecuado a las estaciones repetidoras en las que hay que disponer de energía y acondicionamiento para los equipos y servicios de conservación. Se han hecho ensayos para utilizar generadores autónomos y baterías de células solares.
- ⇒ La segregación, aunque es posible y se realiza, no es tan flexible como en los sistemas por cable
- ⇒ Las condiciones atmosféricas pueden ocasionar desvanecimientos intensos y desviaciones del haz, lo que implica utilizar sistemas de diversidad y equipo auxiliar requerida, supone un importante problema en diseño.

ESTRUCTURA GENERAL DE UN RADIOENLACE POR MICROONDAS

EQUIPOS

Un radioenlace esta constituido por equipos terminales y repetidores intermedios. La función de los repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre y conseguir así enlaces superiores al horizonte óptico. La distancia entre repetidores se llama vano.

Los repetidores pueden ser:

- ⇒ Activos
- ⇒ Pasivos

En los repetidores pasivos o reflectores.

- ⇒ No hay ganancia
- ⇒ Se limitan a cambiar la dirección del haz radioelectrónico.

PLANES DE FRECUENCIA - ANCHO DE BANDA EN UN RADIOENLACE POR MICROONDAS

En una estación terminal se requieran dos frecuencias por radiocanal.

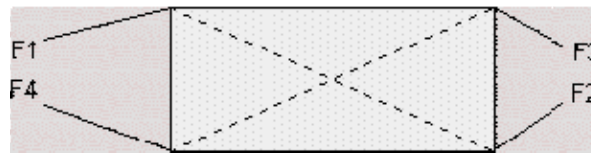
- ⇒ Frecuencia de emisión
- ⇒ Frecuencia de recepción

Es una estación repetidora que tiene como mínimo una antena por cada dirección, es absolutamente necesario que las frecuencias de emisión y recepción estén suficientemente separadas, debido a:

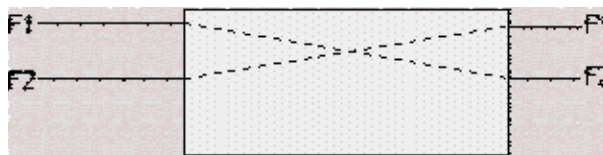
1. La gran diferencia entre los niveles de las señales emitida y recibida, que puede ser de 60 a 90 dB.
2. La necesidad de evitar los acoples entre ambos sentidos de transmisión.
3. La directividad insuficiente de las antenas sobre todas las ondas métricas.

Por consiguiente en ondas métricas (30-300 Mhz) y decimétricas (300 Mhz - 3 Ghz), conviene utilizar cuatro frecuencias (plan de 4 frecuencias).

En ondas centimétricas, la directividad es mayor y puede emplearse un plan de 2 frecuencias.



Plan de 4 Frecuencias



Plan de 2 Frecuencias

2. GENERACIÓN DE MICROONDAS

Quizás fue el MAGNETRON, como generador de m. De alta potencia, el dispositivo que dio pie al desarrollo a gran escala de las m., al abrir paso a la utilización de sistemas de radar durante la II Guerra Mundial; sin embargo, fueron KLYSTRONS, los que dieron una mayor versatilidad de utilización de las m., sobre todo en el campo de las

comunicaciones, permitiendo además una mayor comprensión de los fenómenos que tiene en lugar los tubos de m. El principio básico de funcionamiento de estos generadores es la modulación de velocidad de un haz electrónico que al atravesar una cavidad resonante, excita en ella oscilaciones electromagnéticas de la frecuencia de m, deseada.

El estudio de los KLYSTRONS obligó a un amplio desarrollo desde los fenómenos de carga espacial, la interpretación de la operación de los tubos sin embargo, fue el desarrollo de otro tipo de válvulas, las de ONDA PROGRESIVA (TWT, Travelling-Wave Tube); siglas de ésta clase de tubos, las que dieron lugar a una mejor comprensión de los fenómenos que tienen lugar en los haces electrónicos, sobre todo en lo que respecta a las ondas electromecánicas, daban lugar a amplificación o generación de m. Para que este acoplamiento sea efectivo es preciso reducir la velocidad de fase de la onda electromagnética lo cual se hace mediante estructuras periódicas de entre las cuales la más utilizada es la hélice; de esta forma es posible mantener una iteración continuada entre la onda electromagnética y el haz electrónico, modulado en velocidad, y consecuentemente en densidad, que va cediendo su energía, digamos cinética, a la onda electromagnética. Posteriormente también se desarrollo el tubo de onda regresiva (BWO< Backward- wave oscillator), en el cual la velocidad de fase de la onda va en dirección opuesta al flujo de energía en el circuito, que ofrecí a, además, una mayor amplitud de sintonía en frecuencia mediante control electrónico.

Los dispositivos anteriores se basan en la conversión de energía de continuidad en la energía de m, mientras que los amplificadores paramétricos (AMPLIFICADOR, 8) utilizan como fuente de energía una de alterna que convierten, por un procedimiento de mezcla, en la de alta frecuencia deseada. En lugar de utilizar como elemento resistivo, utilizan un elemento reactivo, como puede ser un diodo de capacidad variable, y de aquí el bajo nivel de ruido que se puede lograr. Un fundamento análogo tienen los amplificadores cuánticos MASER. Son estos amplificadores de bajo nivel de ruido los que han abierto un gran campo de operación en radioastronomía, así como las intercontinentales vía satélite etc.

Un problema conserniente al desarrollo de las m, lo ha constituido hasta ahora el precio elevado de los generadores; ha sido el descubrimiento de los osciladores a semiconductores el que a abaratado, va camino de hacerlo aun más, dichos generadores, con el cual el campo de aplicaciones de las m.

Está creciendo a un nivel tal que impide predecir las repercusiones futuras, que incluso pueden ser negativas. Estos dispositivos también tienen una concepción diferente a los usuarios de baja frecuencia esencial en que en los de baja frecuencia los electrones del semiconductor son TIBIOS en el sentido que sus energías no difieren grandemente de la red del material, mientras que en los de m. Los electrones son CALIENTES, con energías eléctricas adquiridas de campos eléctricos elevados, que pueden ser muy superiormente a energía de m.

El primero de estos dispositivos se basó en el denominado efecto GUNN que se presenta en semiconductores compuestos, como el arseniuro de galio, material en el fue inicialmente detectado, y desde entonces se han descrito muchos dispositivos, algunos basados en fenómenos bulímicos en el semiconductor, como los gunn, y otros fenómenos que tienen lugar en uniones de semiconductores.

TRANSMISIÓN DE MICROONDAS

Un sistema en el que se utilizan localmente las m. Constará fundamentalmente de un generador y de un medio de transmisión de la onda hasta la carga; en caso contrario, tendremos necesidad de un sistema emisor y otro receptor, estando el emisor compuesto por los elementos anteriormente citados, donde la carga será una antena emisora, mientras que el receptor será otra antena, medio de transmisión y detector adecuado. Además de estos elementos existirán otras componentes como pueden ser atenuadores, desfasadores, frecuencímetros, medidores de onda estacionaria, etc.; nosotros nos vamos a circunscribir fundamentalmente a la guía de onda, como elemento fundamental de transmisión a éstas frecuencias.

Como ya se ha citado, la guía de onda es esencia una tubería metálica, a través de la cual se propaga el campo electromagnético sin prácticamente atenuación, dependiendo esta del material de que la misma esté fabricada; así, a una frecuencia determinada, y

para una geometría concreta, la atenuación será tanto menor cuanto mejor conductor sea el material. A diferencia de lo que ocurre en el medio libre, en el que el haz de ondas electromagnéticas es más o menos divergente y sus campos transversales electromagnéticos (ondas TEM, ya citadas), en una guía el campo está confinado en su interior, evitándose la radiación hacia el exterior, y sus campos ya no pueden ser TEM sino que han de hacer necesariamente del tipo TE (campo electrónico transversal a la dirección de propagación), o bien TM (campo magnético transversal) o bien híbridos, es decir, mezcla de TE y TM.

La configuración de la geometría, tipo de excitación de la guía y frecuencia, ocurriendo además que ciertas configuraciones de campo, denominadas modos, solo son posibles a frecuencias superiores a una determinada, denominada frecuencia de corte, existiendo un modo de propagación de dichos campos, el modo fundamental, que posee la frecuencia de corte mínima. Por debajo de esta frecuencia la guía no propaga la energía electromagnética.

APLICACIONES DE LAS MICROONDAS

Sin duda podemos decir que el campo más valioso de aplicación de las m. es el ya mencionado de las comunicaciones, desde las que pudiéramos denominar privadas, pasando por las continentales e intercontinentales, hasta llegar a las extraterrestres.

En este terreno, las m. actúan generalmente como portadoras de información, mediante una modulación o codificación apropiada. En los sistemas de radar, cabe citar desde los empleados en armamento y navegación, hasta los utilizados en sistemas de alarma; estos últimos sistemas suelen también basarse en efecto DOPPLER o en cambios que sufre la razón de onda estacionaria (SWR) de una antena, pudiendo incluso reconocerse la naturaleza del elemento de alarma. Sistema automático de puertas, medida de velocidad de vehículos, etc.

Otro gran campo de aplicación es el que se pudiera denominar científico. En radioastronomía ocurre que las radiaciones extraterrestres con frecuencia comprendidas

entre 10 Mhz y 10Ghz pueden atravesar el filtro impuesto por la atmósfera y llegar hasta nosotros.

Entre estas radiaciones están algunas de tipo espectral, como la línea de 1420 OH, y otras de tipo continuo debidas a radiación térmica, emisión giromagnética, sincrotónica, etc. La detección de estas radiaciones permite obtener información de la dinámica y constitución del universo. En el estudio de los materiales (eléctricos, magnéticos, palmas) las *m.* se pueden utilizar bien para la determinación de parámetros macroscópicos, como son la permitividad eléctrica y la permeabilidad magnética, bien para el estudio directo de la estructura molecular de la materia mediante técnicas espectroscópicas y de resonancia.

En el campo médico y biológico se utilizan las *m.* Para la observación de cambios fisiológicos significativos de parámetros del sistema circulatorio y respiratorio.

Es imposible hacer una enumeración exhaustiva de aplicaciones que, aparte de las ya citadas, pueden ir desde la mera confección de juguetes hasta el controlar de procesos o funcionamiento de computadores ultra rápidos. Quizá el progreso futuro de las microondas. Esta en el desarrollo cada día mayor, de los dispositivos a estado sólido, en los cuáles se consigue una disminución de precio y tamaño que puede llegar a niveles insospechados; estos sistemas son la combinación de los generadores a semiconductores con las técnicas de circuiteria integrada, fácilmente adaptables a la producción en masa. Sin embargo no todo son beneficios; un crecimiento incontrolado de la utilización de las *m.* puede dar lugar a problemas no solo de congestión del espectro, interferencias, etc., sino también de salud humana; este último aspecto no está lo suficientemente estudiado, como se deduce del hecho de que los índices de peligrosidad sean marcadamente diferentes de unos países a otros.

3. PROPAGACION DE MICROONDAS

Las microondas ocupan una porción del espectro de frecuencias entre 1 y 300 Ghz que corresponde a 10 cm y mm respectivamente, en longitudes de onda. En la práctica son ondas del orden de 1 Ghz a 12 Ghz.

La banda espectral de las microondas se divide en sub-bandas tal como se muestra en la tabla.

| | FRECUENCIA (GHz) | LONGITUD DE ONDA APROXIMADA (Cm) |
|---|---------------------|--|
| S | 1.5 A 8 | 10 |
| X | 8 A 12.5 | 3 |
| K | 12.5 A 40 | 1.1 |
| Q | 40 A 50 | 0.8 |

Sub-bandas en las que se divide la banda espectral de las microondas.

Los sistemas de microondas son usados en enlaces de televisión, en multienlaces telefónicos y general en redes con alta capacidad de canales de información.

Las microondas atraviesan fácilmente la ionosfera y son usadas también en comunicaciones por satélites.

La longitud de onda muy pequeña permite antenas de alta ganancias.

Como el radio de fresnel es relativamente pequeño, la propagación se efectúa como en el espacio libre.

Si hay obstáculos que obstruyan el radio de fresnel, la atenuación es proporcional al obstáculo.

De la ecuación se obtiene la atenuación P_r/P_t en enlaces espaciales

$$P_r/P_t \text{ (dB)} = G_t \text{ (dB)} + G_r \text{ (dB)} + 20 \log h \text{ (m)} - 22 - 20 \log r \text{ (Km)}$$

donde r es la distancia del enlace, h es la longitud de onda G_t y G_r son las ganancias del transmisor y del receptor respectivamente.

A la atenuación en espacio libre se le agregan algunos valores de atenuación debido a obstáculos:

- ⇒ 6 dB: Incidencia restante.
- ⇒ 40 dB: Bloqueo total del haz.

La atenuación puede variar de 6 a 20 dB dependiendo del tipo de superficie que provoca la difracción. Así:

- ⇒ 6 dB: Para una difracción en filo de cuchilla, con incidencia resante.
- ⇒ 20 dB: Difracción con incidencia resante en obstáculo mas redondeado como terreno ligeramente ondulado o agua que sigue la curvatura de la tierra.

En condiciones desfavorables las perdidas por reflexión pueden ser de hasta 50 db (propagación sobre mar).

Si la superficie es rugosa se consideran despreciables las perdidas por reflexión.

La temperatura efectiva de ruido T_e del circuito receptor, referida a los terminales de entrada y la cifra de ruido o (factor de ruido) F de un circuito están relacionados de la siguiente forma:

$$F = 1 + T_e/T_0$$

F es la razón de la potencia de ruido real de salida (al conectar en un generador de temperatura normalizado de $T_0=290^{\circ}\text{K}$) y la potencia de ruido de salida que existiría para la misma entrada, si el circuito no tuviera ruidos propios.

Por tanto, se nota que

$$F = 1 \text{ o } 0 \text{ dB corresponde a } T_e = 0^{\circ}\text{K}$$

$$F = 2 \text{ o } 3 \text{ dB corresponde a } T_e = 290^{\circ}\text{K, etc.}$$

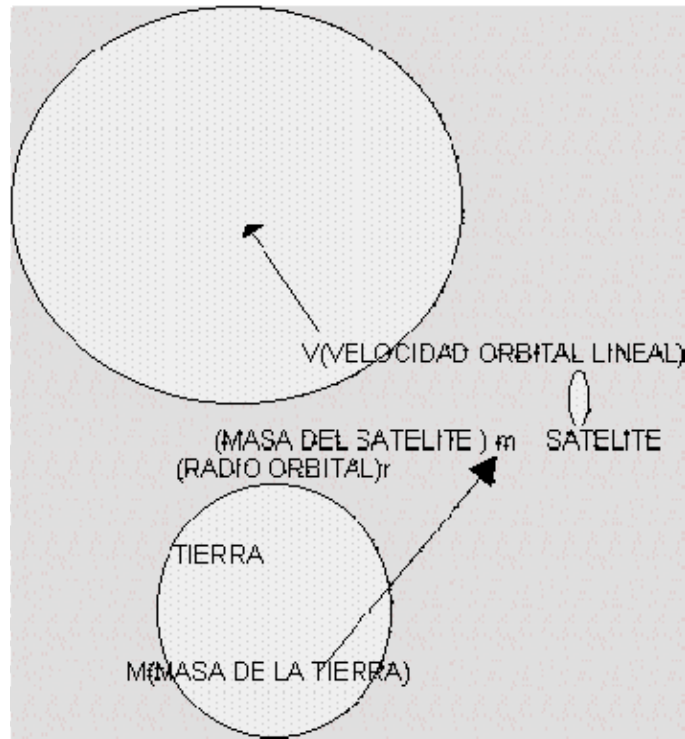
UTILIZACIÓN DE MICROONDAS EN COMUNICACIONES ESPACIALES

Los satélites artificiales han extendido el alcance de la línea de propagación y han hecho posible la transmisión transoceánica de microondas por su capacidad de admitir anchas bandas de frecuencias. La línea de transmisión puede extenderse por uno de los distintos medios existentes.

El satélite en forma de globo de plástico metalizado exteriormente puede ser empleado como reflector pasivo, en cuyo caso no se necesita equipo alguno en el satélite. Se ha estimado que veinticuatro de tales reflectores pasivos en órbitas polares establecidas al azar alrededor de unos 5000 kilómetros permitirían una transmisión transatlántica que solo se interrumpiría menos de 1% del tiempo.

Como segunda posibilidad, el satélite puede emplearse como un receptor activo en microondas, retransmitiendo la señal que recibe, bien instantáneamente o tras un almacenaje hasta que el este próximo a la estación receptora. En este último caso la capacidad del canal queda limitada.

Con el satélite en una órbita próxima es decir, inferior a 8000 kilómetros, la pérdida de transmisión es moderada, pero las estaciones terrestres deben tener antenas capaces de explotar casi de horizonte a horizonte. Si el satélite se sitúa en una órbita ecuatorial de veinticuatro horas parecerá como si tuviera fijo sobre algún punto del ecuador, darían una cobertura mundial. Con el satélite fijo en su posición respecto a la tierra y estabilizado en su orientación pueden emplearse antenas grandes y relativamente económicas para las estaciones terrestres, pudiéndose emplear en el satélite una antena con una directividad modesta.



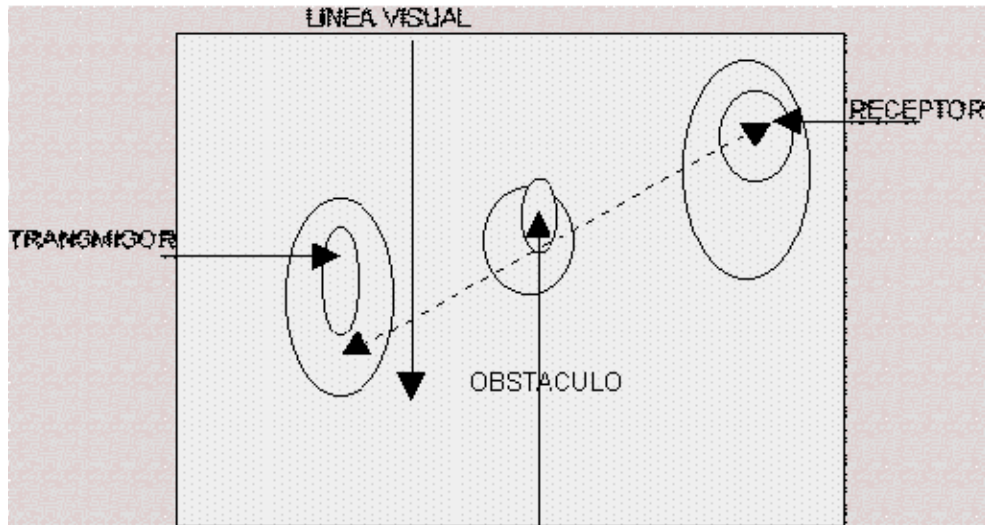
Satélite artificial en órbita circular.

$r = 42000 \text{ Km}$ desconectado el radio terrestre $R_t = 6370 \text{ Km}$ se ve que la altura sobre el suelo del satélite será aproximadamente igual a 36000 Km que es la órbita de clark.

Los países de la zona tropical y templada usan los satélites estacionarios.

Los países en zonas mas alejadas del ecuador son forzados a incluir la órbita en relación con el ecuador y prescindir así del sincronismo perfecto, por que el desplazamiento del satélite es lento con relación a la tierra.

Como el satélite no debe cargar grandes masas, la potencia de su transmisor es reducida y su antena es relativamente pequeña. Sus ondas deben atravesar la ionosfera terrestre, de ahí el uso de microondas para conseguir altísimas ganancias en las antenas terrestres son parabólicas de grandes dimensiones, aproximadamente igual a 30 m de diámetro con ganancia de 60 dB en 2 Ghz .



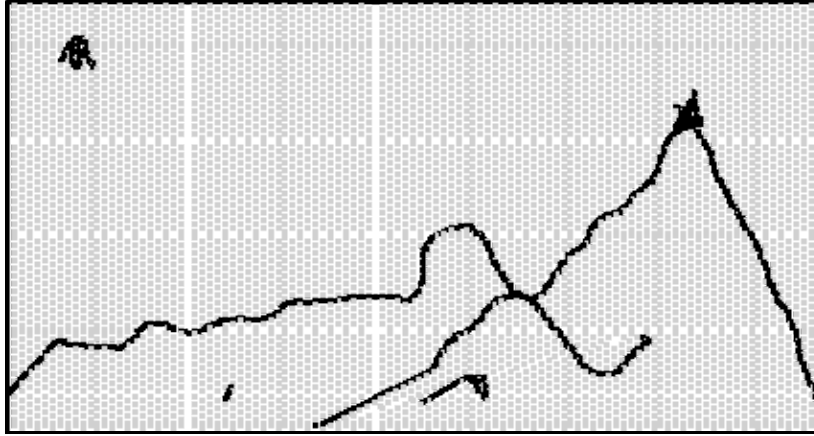
Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles es decir, puntos altos de la topografía.

Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para funcionamiento correcto es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región.

Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto.

Antes de hacer mediciones en el terreno puede ser necesario estudiar los planos topográficos de la zona. Por lo general el estudio minucioso de los mapas y de los planos facilita las labores, sobre todo en sistema extensos con gran número de repetidoras y donde existe una gran variedad de rutas posibles. Por proceso de eliminación y de selección ha de llegarse a la escogencia de la ruta más favorable.

Sobre un mapa de la región en escalas del orden de 1:10000, 1: 100000 o 1: 200000, se escogen estaciones separadas de 10 a 50 Km.



Una vez escogidos los sitios de ubicación propuestos para las torres de las antenas, y habiéndose determinado la elevación del terreno comprendido entre dichos sitios, se prepara un diagrama de perfiles.

En la mayoría de los casos solo es necesario los perfiles de los obstáculos y de sus alrededores, donde pueda obstruirse la línea visual.

Las señales de radiotransmisión en las frecuencias de microondas generalmente se propagan en línea recta en la forma de un haz dirigido de un punto a otro. Sin embargo, el haz puede desviarse o curvarse hacia la tierra por efecto de la refracción de las ondas en la atmósfera. La magnitud de la curvatura se ha tenido en cuenta al calcular el factor K.

Puede emplearse un perfil de trayecto dibujado sin mostrar la curvatura de la tierra, y con el haz de microondas en línea recta entre las dos antenas. Dicho perfil representa el caso en el cual la curvatura del haz es igual a la del terreno y el radio de la tierra es infinito. Esta es una de las condiciones extremas que deben investigarse al estudiar el efecto de las condiciones atmosféricas anormales sobre la propagación de las microondas. Sobre el mismo gráfico se dibujan los recorridos del haz para otros posibles valores de K entre ellos el normal que es $4/3$. El trazado de las curvas con diversos valores de K se hace con plantillas normalizadas. Traza el elipsoide de fresnel para verificar si ocurre obturación.

Determinando el perfil del terreno sobre el que se propaga el haz, se estudiará el margen de este con relación al obstáculo mas prominente. Dicho margen hay que compararlo con el radio de la n-esima zona abscisa o, esta dado por la ecuación:

$$R_{fn} = \sqrt[n]{\frac{h^3 d_1 d_2}{d_1 + d_2}}, m$$

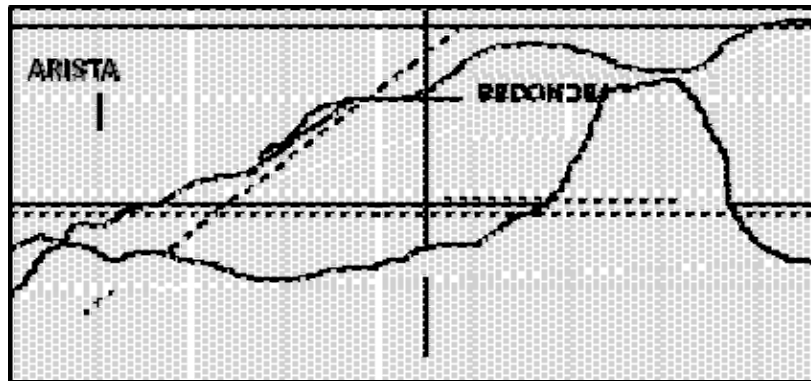
donde :

R_{fn} = Radio de la n-esima zona de fresnel en metros.

h = Longitud de onda en metros.

d_1 = Distancia del transmisor al punto considerado en metros.

d_2 = Distancia del punto considerado al receptor en metros.



A partir del mapa de la región se traza en un papel 4/3 el perfil del terreno a lo largo de la trayectoria de estación a estación.

Ordinariamente, el margen sobre obstáculos se refiere al radio de la primera zona de fresnel; si el cociente correspondiente se lleva en abscisas en el gráfico, en coordenadas se obtendrá la influencia sobre la intensidad de campo. Se tiene las condiciones correspondientes a propagación en el espacio libre cuando el margen sobre obstáculos es 0.6 veces el radio de la primera zona de fresnel. Este es el criterio que se sigue en presencia de obstáculos para determinar la viabilidad de un enlace.

$$\text{intervalo } -3 < p / R_f < 1$$

Abscisa: margen sobre obstáculos/radio primera zona de fresnel. B. interpretaciones del margen sobre obstáculos

$$p > 0 \text{ y } p < 0$$

La Figura muestra dos interpretaciones existentes para el margen sobre obstáculos p.

La siguiente es una formula empírica para pérdidas por obstáculo.

$$P_o(\text{dB}) = 12 P / R_f - 10$$

La ecuación anterior es válida en el intervalo $-3 < P/R_f < 1$

Hay momentos en que la distribución de la densidad de la atmósfera cambia y la trayectoria se hace mas restante y pasa a sufrir obstrucción, se debe incluir en los cálculos una pérdida adicional de 3 dB.

Poniendo en funcionamiento tal enlace, la transmisión con atmósfera normal no tendrá la perdida de 3 dB, solo surge en momentos desfavorables y ya está incluida en el diseño.

Luego se calcula la atenuación con la ecuación $(P_r / P_t = G_t A_r / 4 \pi r^2)$

de la ecuación se tiene $A_r = G_r h^2 / 4 \pi r^2$

Sustituyendo se obtiene la ecuación $P_r / P_t = G_t G_r h^2 / (4 \pi r^2)$

donde los parámetros son los mismos que se dieron anteriormente.

Expresado en dB se tiene la ecuación

$$P_r / P_t (\text{dB}) = 10 \log P_r / P_t = G_t (\text{dB}) + G_r (\text{dB}) + 20 \log h - 20 \log r - 22$$

Sobre un terreno liso el alcance D de la radiación depende de la altura de la antena h.

Entonces:

$$D (\text{km}) = 4 \sqrt{h (\text{m})}$$

El problema de las reflexiones interferentes es prácticamente inexistente ya que, para las ondas centimétricas todo terreno es áspero y no da buena reflexión según el criterio de Rayleigh.

El único caso peligroso es cuando existe un espejo de aguas mansas como un lago, bahía o río.

4. ANOMALÍAS DE PROPAGACION EN MICROONDAS

El gradiente del índice de refracción o factor K que corresponde al radio eficaz de la tierra se define como el grado y la dirección de la curvatura que describe el haz de microondas durante su propagación

$$K = R' / R_t$$

Donde R_t es el radio real terrestre y R' es el radio de la curvatura ficticia de la tierra.

Cualquier variación del índice de refracción provocada por la alteración de las condiciones atmosféricas, se expresa como un cambio del factor K.

En condiciones atmosféricas normales, el valor de K varia desde 1.2 para regiones elevadas y secas (o 4/3 en zonas mediterráneas), hasta 2 o 3 para zonas costeras húmedas.

Cuando K se hace infinito, la tierra aparece ante el haz como perfectamente plana, ya que su curvatura tiene exactamente el mismo valor que la terrestre.

Si el valor de K disminuye a menos de 1, el haz se curva en forma opuesta a la curvatura terrestre. Este efecto puede obstruir parcialmente al trayecto de transmisión, produciéndose así una difracción.

El valor de la curvatura terrestre para los distintos valores de K se calcula mediante la siguiente fórmula

$$h = d_1 d_2 / 1.5 K$$

donde

h = Cambio de la distancia vertical desde una línea horizontal de referencia, en pies.

d_1 = Distancia desde un punto hasta uno de los extremos del trayecto, en millas.

d_2 = Distancia desde el mismo punto anterior hasta el otro extremo del trayecto, en millas.

K = Factor del radio eficaz de la tierra.

1ml = 1.61Km.

1 pie = 0.3 m.

Con excepción del desvanecimiento por efecto de trayectos múltiples, los desvanecimientos son fácilmente superables mediante:

- Diversidad de espacio.
- Diversidad de frecuencia.
- Diversidad de polarización.

Las alteraciones del valor de K desde 1 hasta infinito (Rango normal de K), tiene escasa influencia en el nivel de intensidad con que se reciben las señales, cuando el trayecto se ha proyectado en forma adecuada.

Las anomalías de propagación ocurren cuando K es inferior a 1, el trayecto podría quedar obstruido y por lo tanto sería vulnerable a los fuertes desvanecimientos provocados por el efecto de trayectos múltiples.

Cuando K forma un valor negativo, el trayecto podría resultar atrapado entre capas atmosféricas y en consecuencia sería susceptible a sufrir desvanecimiento total.

DESVANECIMIENTO

El desvanecimiento se debe normalmente a los cambios atmosféricos y a las reflexiones del trayecto de propagación al encontrar superficies terrestres o acuáticas.

La intensidad del desvanecimiento aumenta en general con la frecuencia y la longitud de trayecto.

En caso de transmisión sobre terreno accidentado, el desvanecimiento debido a propagación multirrayecto es relativamente independiente del citado margen sobre obstáculo y en casos extremos tiende a aproximarse a la distribución de Rayleigh, es decir, la probabilidad de que el valor instantáneo del campo supere el valor R es :

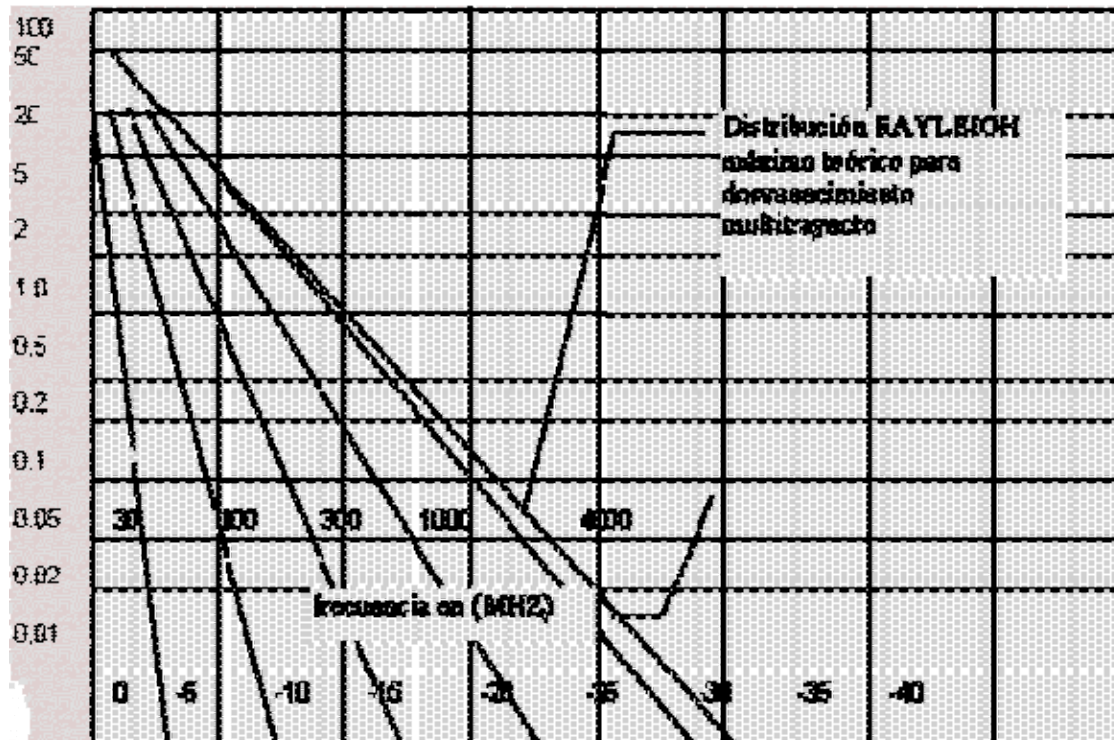
$$-R/R_0$$

$$P(R) = e$$

En donde: R_0 es el valor eficaz.

En la figura se presentan valores típicos de desvanecimiento para trayectos con suficiente margen sobre obstáculos.

Los tipos de desvanecimiento que influye sobre la contabilidad de la propagación en los sistemas de microondas son selectivos y no selectivos.



Desvanecimiento en el peor mes para trayectos de 40 a 60 Kms con visibilidad y margen sobre obstáculos de 15 a 30 m.

5. CONFIABILIDAD DE SISTEMAS DE RADIOTRANSMISION POR MICROONDAS.

Las normas de seguridad de funcionamiento de los sistemas de microondas han alcanzado gran rigidez. Por ejemplo, se utiliza un 99.98% de confiabilidad general en un sistema patrón de 6000 Km. de longitud, lo que equivale a permitir solo un máximo de 25 segundos de interrupción del año por cada enlace.

Por enlace o radioenlace se entiende el tramo de transmisión directa entre dos estaciones adyacentes, ya sean terminales o repetidoras, de un sistema de microondas. El enlace comprende los equipos correspondientes de las dos estaciones, como así mismo las antenas y el trayecto de propagación entre ambas. De acuerdo con las recomendaciones del CCIR, los enlaces, deben tener una longitud media de 50 Km.

Las empresas industriales que emplean sistemas de telecomunicaciones también hablan de una confiabilidad media del orden de 99.9999%, o sea un máximo de 30 segundos de interrupciones por año, en los sistemas de microondas de largo alcance.

Los cálculos estimados y cómputos de interrupciones del servicio por fallas de propagación, emplean procedimientos parcial o totalmente empíricos. Los resultados de dichos cálculos generalmente se dan como tiempo fuera de servicio (TFS) anual por enlace o porcentaje de confiabilidad por enlace.

CONCLUSIÓN

Las comunicaciones vía inalámbrica siempre han sido un motivo de discusiones y estudios; más aún la comunicación por vía satelital.

Esta tecnología, que aparece a principios de la década de los 60's, ha ido avanzando y abarcando cada vez más campos de la sociedad.

A principios de 1960, la American Telephone and Telegraph Company (AT&T) publicó estudios, indicando que unos cuantos satélites poderosos, de diseño avanzado, podían soportar más tráfico que toda la red AT&T de larga distancia.

El costo de estos satélites, en ese entonces, fue estimado en solo una fracción del costo de las facilidades de microondas terrestres equivalentes. Desafortunadamente, debido a que AT&T era un proveedor de servicios, los reglamentos del gobierno le impedían desarrollar los sistemas de satélites.

Corporaciones más pequeñas y menos lucrativas pudieron desarrollar los sistemas de satélites y AT&T continuó invirtiendo billones de dólares cada año en los sistemas de microondas terrestres convencionales. Debido a esto los desarrollos iniciales en la tecnología de satélites tardaron en surgir.

A través de los años, los precios de la mayoría de los bienes y servicios han aumentado sustancialmente; sin embargo, los servicios de comunicación, por satélite, se han vuelto más accesibles cada año. En la mayoría de los casos, los sistemas de satélites ofrecen más flexibilidad que los cables submarinos, cables subterráneos escondidos, radio de microondas en línea de vista, radio de dispersión troposférica, o sistemas de fibra óptica.

Esencialmente, un satélite es un repetidor de radio en el cielo (transponder). Un sistema de satélite consiste de un transponder, una estación basada en tierra, para controlar el funcionamiento y una red de usuario, de las estaciones terrestres, que proporciona las facilidades para transmisión y recepción de tráfico de comunicaciones, a través del sistema de satélite.

Las transmisiones de satélites se catalogan como bus o carga útil. La de bus incluye mecanismos de control que apoyan la operación de carga útil. La de carga útil es la información del usuario que será transportada a través del sistema. Aunque en los últimos años los nuevos servicios de datos y radioemisión de televisión son mas y más demandados, la transmisión de las señales de teléfono de voz convencional (en forma analógica o digital).

Los satélites, generalmente, son llamados no síncronos o satélites orbitales, aunque existe la categoría complementaria: los síncronos, además de otras clasificaciones que se han ido realizando a través del tiempo de acuerdo con las características propias, funciones, tareas, etcétera de cada satélite.

Los satélites no síncronos giran alrededor de la Tierra en un patrón elíptico o circular de baja altitud. Si el satélite esta girando en la misma dirección de la rotación de la Tierra y a una velocidad angular superior que la de la Tierra, la órbita se llama órbita progrado.

Si el satélite esta girando en la dirección opuesta a la rotación de la Tierra o en la misma dirección, pero a una velocidad angular menor a la de la Tierra, la órbita se llama órbita retrograda.

Consecuentemente, los satélites no síncronos están alejándose continuamente o cayendo a Tierra, y no permanecen estacionarios en relación a ningún punto particular de la Tierra. Por lo tanto los satélites no síncronos se tienen que usar cuando están disponibles, lo cual puede ser un corto periodo de tiempo, como 15 minutos por órbita.

Otra desventaja de los satélites orbitales es la necesidad de usar un equipo costoso y complicado para rastreo en las estaciones terrestres. Cada estación terrestre debe localizar el satélite conforme esta disponible en cada órbita, y después unir su antena al satélite y localizarlo cuando pasa por arriba.

Una gran ventaja de los satélites orbitales es que los motores de propulsión no se requieren a bordo de los satélites para mantenerlos en sus órbitas respectivas.

Por otro lado, los satélites geoestacionarios o geosíncronos son satélites que giran en un patrón circular, con una velocidad angular igual a la de la Tierra. Consecuentemente permanecen en una posición fija con respecto a un punto específico en la Tierra. Una ventaja obvia es que están disponibles para todas las estaciones de la Tierra, dentro de su sombra, 100% de las veces.

La sombra de un satélite incluye todas las estaciones de la Tierra que tienen un camino visible a él y están dentro del patrón de radiación de las antenas del satélite. Una desventaja obvia es que a bordo, se requieren de dispositivos de propulsión sofisticados y pesados para mantenerlos fijos en una órbita. El tiempo de órbita de un satélite geosíncrono es de 24 h. igual que la Tierra.

La tecnología satelital sigue avanzando, tanto dentro como fuera del planeta.

Por ahora, se realizan viajes no tripulados al espacio que están en constante comunicación con La Tierra, quizá en un futuro no muy lejano, estos viajes puedan dar lugar a viajes interesaciales o comunicaciones con otro planeta.

En este momento, se puede decir que la comunicación satelital es muy importante y se aplica a elementos ya comunes, como lo son los teléfonos celulares. Por supuesto, tiene otras aplicaciones mucho más importantes.

GLOSARIO

BROADCAST: Paquete de datos enviado a todos los nodos de una red.

IEEE: IEEE corresponde a las siglas de *The Institute of Electrical and Electronics Engineers*, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas.

MEMORIA RAM: La memoria de acceso aleatorio (en inglés: Random Access Memory, cuyo acrónimo es RAM), o más conocida como memoria RAM, se compone de uno o más chips y se utiliza como memoria de trabajo para programas y datos. Es un tipo de memoria temporal que pierde sus datos cuando se queda sin energía (por ejemplo, al apagar la computadora), por lo cual es una memoria volátil.

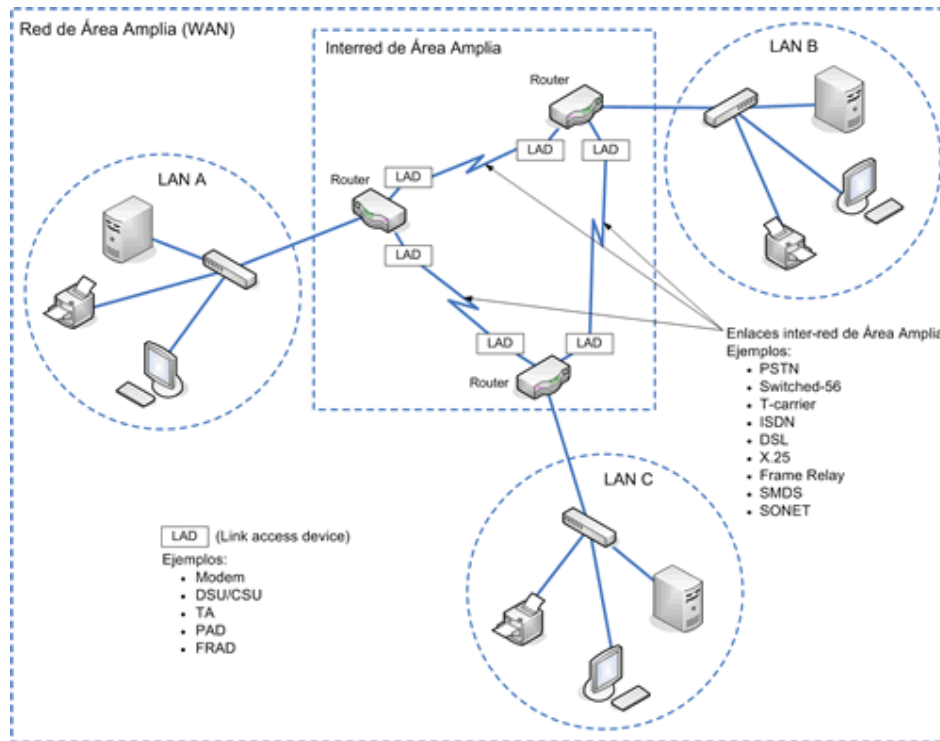
RED LAN: LAN son las siglas de *Local Area Network*, Red de área local. Una LAN es una red que conecta los ordenadores en un área relativamente pequeña y predeterminada (como una habitación, un edificio, o un conjunto de edificios).

RED WAN: WAN, siglas del inglés de wide-area network, Red de área ancha. Una red de área amplia puede ser descripta como un grupo de redes individuales conectadas a través de extensas distancias geográficas. Los componentes de una red WAN típica incluyen:

- Dos o más redes de área local (LANs) independientes.
- Routers conectados a cada LAN
- Dispositivos de acceso al enlace (Link access devices, LADs) conectados a cada router.
- Enlaces inter-red de área amplia conectados a cada LAD

La combinación de routers, LADs, y enlaces es llamada inter-red.

La inter-red combinada con las LANs crea la WAN.



RED INFORMÁTICA: Red (informática), es el conjunto de técnicas, conexiones físicas y programas informáticos empleados para conectar dos o más computadoras. Los usuarios de una red pueden compartir ficheros, impresoras y otros recursos, enviar mensajes electrónicos y ejecutar programas en otros ordenadores.

HUB: Un concentrador o hub es un dispositivo que permite centralizar el cableado de una red y poder ampliarla. Esto significa que dicho dispositivo recibe una señal y repite esta señal emitiéndola por sus diferentes puertos.

SWITCH: Switch (en castellano "conmutador") es un dispositivo electrónico de interconexión de redes de computadoras que opera en la capa 2 (nivel de enlace de datos) del modelo OSI (*Open Systems Interconnection*). Un conmutador interconecta dos o más segmentos de red, funcionando de manera similar a los puentes (bridges), pasando datos de un segmento a otro, de acuerdo con la dirección MAC de destino de los datagramas en la red.

WIRELESS: En inglés, su significado es **sin cables**, y se denomina así a los dispositivos que no utilizan cables para realizar el envío y la recepción de datos.

WI-FI: Abreviatura del término inglés *Wireless Fidelity*. Es el término utilizado corrientemente para una red local sin cables (WLAN) de alta frecuencia.

WLAN (*Wireless Local Area Network*, o red de área local inalámbrica): una WLAN es un tipo de red de área local (LAN) que utiliza ondas de radio de alta frecuencia en lugar de cables para comunicar y transmitir datos.

BLUETOOTH: Tecnología y protocolo de conexión entre dispositivos inalámbricos. Incluye un chip específico para comunicarse en la banda de frecuencia comprendida entre 2,402 y 2,480 GHz con un alcance máximo de 10 metros y tasas de transmisión de datos de hasta 721 Kbps.

MODULACIÓN DE LA PORTADORA: Variación de un parámetro de una onda portadora senoidal, de manera linealmente proporcional a un valor instantáneo de una señal modulante o información.

FRECUENCIA DE RADIO: El término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena.

FCC: La Comisión Federal de las Comunicaciones (*Federal Communications Commission, FCC*) es una agencia estatal independiente de Estados Unidos, bajo responsabilidad directa del Congreso. La FCC fue creada en 1934 con la Ley de Comunicaciones y es la encargada de la regulación (incluyendo censura) de telecomunicaciones interestatales e internacionales por radio, televisión, redes inalámbricas, satélite y cable.

ONDA PORTADORA: una **onda portadora** es una forma de onda que es modulada por una señal que se quiere transmitir (**señal moduladora**). Esta onda portadora es de una frecuencia mucho más alta (del espectro electromagnético), que la de la señal moduladora. De esta manera, se logra transmitir más fácilmente la señal, y el alcance que se consigue es superior.

Las ondas portadoras son usadas cuando se transmiten señales de radio a un radioreceptor. Tanto las señales de modulación de amplitud (AM) como las de frecuencia modulada (FM) son transmitidas con la ayuda de frecuencias portadoras. Por ejemplo, la frecuencia para una estación de radio determinada es en realidad la frecuencia de su onda portadora.

ESPECTRO ELECTROMAGNETICO: Es el medio físico utilizado en las transmisiones inalámbricas.

| Nombre | Abreviatura inglesa | Banda ITU | Frecuencias | Longitud de onda |
|---|---------------------|-----------|---------------------------|------------------------|
| | | | Inferior a 3 Hz | > 100.000 km |
| Extra baja frecuencia Extremely low frequency | ELF | 1 | 3-30 Hz | 100.000 km – 10.000 km |
| Super baja frecuencia Super low frequency | SLF | 2 | 30-300 Hz | 10.000 km – 1000 km |
| Ultra baja frecuencia Ultra low frequency | ULF | 3 | 300–3000 Hz | 1000 km – 100 km |
| Muy baja frecuencia Very low frequency | VLF | 4 | 3–30 kHz | 100 km – 10 km |
| Baja frecuencia Low frequency | LF | 5 | 30–300 kHz | 10 km – 1 km |
| Media frecuencia Medium frequency | MF | 6 | 300–3000 kHz | 1 km – 100 m |
| Alta frecuencia High frequency | HF | 7 | 3–30 MHz | 100 m – 10 m |
| Muy alta frecuencia Very high frequency | VHF | 8 | 30–300 MHz | 10 m – 1 m |
| Ultra alta frecuencia Ultra high frequency | UHF | 9 | 300–3000 MHz | 1 m – 100 mm |
| Super alta frecuencia Super high frequency | SHF | 10 | 3-30 GHz | 100 mm – 10 mm |
| Extra alta frecuencia Extremely high frequency | EHF | 11 | 30-300 GHz | 10 mm – 1 mm |
| | | | Por encima de los 300 GHz | < 1 mm |

BANDA LF: Baja frecuencia. (Low frequency)

BANDA MF: Media frecuencia. (Medium frequency)

BANDA HF: Alta frecuencia. (High frequency)

BANDA VHF: Muy alta frecuencia. (Very high frequency)

BANDA VLF: Muy baja frecuencia. (Very low frequency)

WARC: Se llaman bandas WARC a las siguientes bandas de radioaficionados:

- Banda de 30m
- Banda de 17m
- Banda de 12m

El nombre proviene de la conferencia *World Administrative Radio Conference* de 1979, que confirmó su atribución.

ITU: La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones, a nivel internacional, entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

ANTENA: Una antena es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma corrientes eléctricas en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa. En el caso que las antenas estén conectadas por medio de guía-ondas, esta función de transformación se realiza en el propio emisor o receptor.

FRECUENCIA: Frecuencia es una medida para indicar el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en la unidad de tiempo. Para calcular la frecuencia de un evento, se contabilizan un número de ocurrencias de este teniendo en cuenta un intervalo temporal, luego estas repeticiones se dividen por el tiempo transcurrido. Según el Sistema Internacional, el resultado se mide en hertz (Hz), en honor a Heinrich Rudolf Hertz. Un hertz es aquel suceso o fenómeno repetido una vez por segundo, 2 Hz son dos sucesos (períodos) por segundo, 3 Hz son tres sucesos (períodos) por segundo, 4 Hz son cuatro sucesos (períodos) por segundo, 5 Hz son cinco sucesos (períodos) por segundo, con esto demostramos teóricamente que casi siempre hay una relación en el número de Hertz. con las ocurrencias.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

- ❖ Tanenbaum, Computer Networks (4th ed): apartados 4.2.6, 4.4.
- ❖ L. Peterson, Computer Networks: A Systems Approach (3rd ed): apartado 2.8.
- ❖ ANDERSEN, B. Wireless LAN notes.
http://softail.visi.com/robotics/Wireless_lan.html
- ❖ ARABAUGH, W. Your 802.11 wireless network has no clothes
<http://www.cs.umd.edu/~waa/wireless.pdf>
- ❖ CISCO (mayo de 2001) Wireless LANs: Improving productivity and quality of life. http://newsroom.cisco.com/dlls/sage_report.pdf
- ❖ GEIER, J. (2002). Wireless LANs 2nd Ed. SAMS
- ❖ FLUHRER; MANTIN; SHAMIR. Weaknesses in the key scheduling algorithm of RC4
http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~itsik/RC4/Papers/Rc4_ksa.ps
- ❖ HODGES, K. (2001). Is your wireless network secure?
http://rr.sans.org/wireless/wireless_net2.php
- ❖ LOUGH, D.L.; BLANKENSHIP, T.K.; KRIZMAN, K.J. A short tutorial on Wireless LANs and IEEE 802.11
<http://www.computer.org/students/looking/summer97/ieee802.htm>
- ❖ NOP WORLD TECHNOLOGY; CISCO (finales de 2001) Wireless LAN benefits study
http://newsroom.cisco.com/dlls/tln/WLAN_study.pdf

- ❖ RAGER, A.T. WEPCrack <http://wepcrack.sourceforge.net>

- ❖ ROBERTS, R. The ABCs of Spread Spectrum. A tutorial.
<http://www.sss-mag.com/ss.html>

- ❖ STUBBLEFIELD; LOANNIDIS; RUBIN (2001). Using the Fluhrer, Mantin, and Shamir attack to break WEP
http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~itsik/RC4/Papers/wep_attack.ps

- ❖ TOURRILHES, J. (2000). Wireless LAN technology overview
http://www.hpl.hp.com/personal/Jean_Tourrilhes/Linux/Linux.Wireless.Overview.html

- ❖ WLANA. Introduction to Wireless LANs
<http://www.wlana.org/learn/intro.pdf>

- ❖ IEEE 802.11 Wireless <http://standards.ieee.org/getieee802/802.11.html>

- ❖ Sultan Weatherspoon, Overview of IEEE 802.11b Security.
http://developer.intel.com/technology/itj/q22000/articles/art_5.htm