

11126
67



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**IMPLEMENTACION Y DISEÑO DE REDES SATELITALES
CON TECNOLOGÍA DE ACCESO TDMA BASADO EN PROTOCOLO
FRAME RELAY**

T E S I S

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

P R E S E N T A:

MARIO ALBERTO MIJANGOS VARGAS

ASESOR: ING. JUAN GONZALEZ VEGA



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).

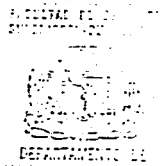
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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



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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

**TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN**



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Implementación y diseño de red de satelitales con tecnología de acceso TDMA basado en protocolo Frame Relay

que presenta el pasante: Mijangos Vargas Mario Alberto
 con número de cuenta: 8423989-8 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

AT E N T A M E N T E
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
 Cuautitlán Izcalli, Méx. a 25 de Octubre de 2002

PRESIDENTE	<u>Ing. José Ubaldo Ramírez Urizar</u>	
VOCAL	<u>Ing. Ramón Osorio Galicia</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Juan González Vega</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Julio César Vázquez Fuentes</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Jorge Ramírez Rodríguez</u>	

B

A DIOS

**Ya que sin su compañía a lo largo de todos estos años
No podría escribir esto ahora.
Gracias Señor.**

A mi Madre (Por fin un sueño más realizado).

Gracias Por TODO ya que te debo más que la Vida.

A Nancy compañera, amiga y esposa.

Gracias por tu AMOR y apoyo a lo largo de todos estos años.

A Mario Alberto y Luis Oswaldo.

Gracias por su tiempo, Amor y Cariño.

Los Amo.

Dedicado este Trabajo a Ustedes

A Víctor Mauricio, Margarita Marina, Pedro Carlos, Joe, Blanca, Marycelia (♦), Lourdes(Tía la Mexicana), Rosy, Anahí, Luis Villa, Luis Alejandro, Pedro, Juanillo, Lorenzo, Ricardo, Efren, Guillermo, Margarita, Karla, Fabian, Juan González, Ubaldo Ramírez, Jorge Buendia, Víctor Hernández y Víctor Gómez.

Gracias.

Mis más profundos agradecimientos a todas aquellas personas que me apoyaron a lo largo de todos estos años, familiares, profesores, amigos y compañeros.

GRACIAS A TODOS

INDICE

Objetivos	1
Capitulo I Conceptos Teóricos	1
Sistemas Abiertos	3
Información y/o Datos	4
Topologías de Red	8
Métodos de Acceso	11
Transmisión de Información	12
Transmisión de Bits en Serie y Paralelo	14
Modos de Comunicación	15
Modos de Transmisión	16
Transmisión Asíncrona	17
Transmisión Síncrona	19
Control de Errores	20
Control de Flujo	21
Fuentes de Alimentación y Distorsión	21
Atenuación	22
Multiplexion	24
Mensajes Analógicos y Digitales	27
Parámetros de Canal	29
Modulación	31
Capitulo II El Modelo OSI	
El modelo OSI	37
Funciones comunes a todas las capas	42
Funciones de las capas del modelo OSI	43
Servicios confirmados y no confirmados	48
Protocolos de la capa de enlace de datos	50
Redes Locales	54

Capítulo 3 Introducción a las comunicaciones Vía Satélite

Introducción	66
Terminología de las Comunicaciones Vía Satélite	68
Tipos de Órbita	71
Bandas de Frecuencia de Operación	80
Reuso de Frecuencias por polarización ortogonal	83
Estaciones Terrenas	85
Métodos de Acceso Múltiple al Satélite	95

Capítulo 4 Satélite y Frame Relay

¿Que es el Frame Relay?	98
¿Cómo trabaja el Frame Relay?	101
Enlaces Satelitales y Frame Relay	108
Trama de Frame Relay	110
Introducción al sistema ABCS	112
Descripción de una Estación Terrena	114
Computadora de Red Satelital	117
Canal de Comunicación Satelital	119
Arquitectura del Sistema	120
Protocolo Sponet-SC	133
Procesamiento Central de Requerimientos	136
Sincronización de Tiempo	141
Switch Frame Relay	143
Multipuerto Bridge	145
Protocolo Stack	146
Distribución de Capacidad de Transmisión de Satélite	147

Capítulo 5 Evaluación del Proyecto

Cálculo de Enlace	149
Cálculos Preliminares	153
Enlace Ascendente	156
Enlace Descendente	161
Evaluación del Enlace	165

Conclusiones	171
GLOSARIO DE TERMINOS	172
BIBLIOGRAFIA	187
ANEXO "A"	189

PAGINACIÓN DISCONTINUA

Objetivos

En la actualidad la competencia, logros científicos y desarrollos de nuevas tecnologías, que cada día son mayores y complejas, obligan a que el Ingeniero Mecánico Eléctrico se desarrolle en una gran diversidad de campos en los cuales, se debe preparar para poder estar en un nivel competitivo en el mercado laboral actual y ser cada día más eficientes y productivos en las áreas en las que se desenvuelva el Ingeniero Mecánico Eléctrico egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México.

También podemos comentar que cada vez es mas constante, la ejecución de funciones o tareas no previstas en la formación profesional de cada Ingeniero Mecánico Eléctrico, por lo que podemos encontrar estos mismos ingenieros en áreas que normalmente corresponderían a un grupo de profesionistas desarrollados para comunicaciones o transmisión de datos.

El objetivo principal de esta tesis es poder entregar las bases necesarias para poder implementar cualquier red de comunicación de datos, no importando si se trata de una red local de una empresa o una red amplia en un corporativo o banco, satelital o terrestre ya que las bases entregadas en los primeros capítulos son las mismas para cualquier medio de transmisión, llámese microondas, fibra óptica, coaxial, par de cobre, etc., obviamente cada uno de estos medios tiene consideraciones y requerimientos para su funcionamiento que deben ser tratados por separado, pero finalmente únicamente son el medio por el cual viaja una señal o información. Los primeros capítulos de la tesis están enfocados a otorgar las bases para el entendimiento de una red de computadoras en la cual los usuarios pueden interactuar, ya sea a una red compleja o casera.

El problema principal al cual se enfrenta el Ingeniero Mecánico Eléctrico es, él poder entender el lenguaje utilizado por otras áreas enfocadas a la comunicación de datos, por lo que la tesis únicamente se enfoca a entregar los elementos y definiciones necesarias para la integración de los diversos elementos que la conforman.

No es un objetivo de la tesis, entregar información para desarrollar Ingenieros Mecánicos Eléctricos expertos en Redes, ya que ese sería el enfoque para otra disciplina a estudiar mas bien poder realizar eficientemente la interacción con esas otras disciplinas, a fin de lograr que un proyecto similar a desarrollar logre su objetivo y sea implementado sin mayores complicaciones.

La tesis esta basada en un producto Alemán que se desarrolló ya hace algunos años, actualmente existen distintos productos desarrollados por otras marcas que trabajan básicamente en los mismos enfoques del producto seleccionado, por lo cual puede utilizarse este trabajo en esas otras marcas.

Por lo que resumiendo los objetivos de este trabajo son:

- Otorgar las bases para lograr una comunicación de datos entre diversos dispositivos
- Conocer los diversos elementos que conforman una señal a transmitir
- Entender el modelo OSI.
- Saber que es un protocolo y para que sirve
- Conocer cuales y como se conforman las redes de computadoras
- Conocer que es Frame Relay.
- Conocer los distintos elementos que conforman un enlace satelital
- Conocer los distintos elementos que conforman una estación terrena.
- Conocer el funcionamiento de un equipo ABCS
- Integrar la funcionalidad de una red de Voz sobre Frame Relay con el equipo propuesto
- Poder integrar las redes locales al equipo.
- Poder dar una solución integral a un cliente para optimizar los recursos de transmisión y aprovechamiento al máximo del equipo.

CAPITULO 1

CONCEPTOS TEORICOS

Sistemas abiertos

El objetivo de un sistema abierto es que un proceso cualquiera corriendo en una computadora se pueda comunicar con otro proceso que este corriendo en otra computadora, no importando el fabricante de ellas. El establecimiento de reglas bien definidas para la comunicación de un equipo con otro es de interés para las empresas y los usuarios.

Para las empresas, porque ninguna de ellas ofrece todos los equipos y medios para interconectar dos sistemas. Los sistemas abiertos estimulan un medio ambiente de verdadera competitividad. Para un usuario, un sistema abierto significa libertad para escoger el equipo que satisfaga sus necesidades al mayor precio, sin preocuparse demasiado de que sea del mismo fabricante del equipo que actualmente tiene. Esta es la tendencia. No hay en la actualidad un medio ambiente ideal, pero la tecnología avanza en esa dirección. Hoy en día un usuario de equipo de computo tiene que tratar con sistemas operativos diversos, con lenguajes de programación diferentes, con protocolos diferentes o con interfaces propietarias. Sin embargo pronto será común un ambiente de computo y comunicación donde el usuario poseerá una sola vista de su sistema, es decir, manejará un solo lenguaje de comandos para correr cualquier proceso en el sistema de computo de la empresa. De hecho para el usuario será fácil saber con certeza en que equipo corre su programa: si es una microcomputadora, una personal o un computador central, o si el proceso se realiza en computador local o en una ubicada en otro país o en otro continente. Esa es la promesa de los sistemas abiertos.

Para elaborar las reglas necesarias para la intercomunicación de equipos, sistemas y procesos existen diversos organismos. Algunos tienen carácter oficial, ya que están representados los países que conforman las Naciones Unidas. Tal es el caso de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Esta organización tiene varios comités, entre los que destacan el CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radio) y el CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía, ya desaparecido), del cual hablaremos mas adelante.

INFORMACION Y/O DATOS

Sea cual sea el tipo de recurso de comunicación de datos que se use, en casi todas las aplicaciones los datos se transmiten entre computadoras en modo de bits en serie. En consecuencia, como los datos se transfieren dentro de una computadora en modo de palabras en paralelo, es necesario efectuar una operación en conversión de paralelo a serie en la interfaz de la computadora antes de enviar los datos, y la conversión de serie a paralelo inversa al recibirlos. Además el tipo de modo de transmisión y los circuitos requeridos varían, y dependen tanto de la separación física del equipo originador que envía los datos a su destino, como de su velocidad de transmisión.

Una vez que los datos se transmiten al exterior, la probabilidad de que ocurran errores (alteraciones) de bits aumenta considerablemente. Por tanto, en la mayor parte de las aplicaciones es necesario incorporar no sólo algún mecanismo para detectar errores (de transmisión) de bits, sino también una forma de obtener otra copia de los datos afectados (que se espera que sea correcta). Esto se conoce como control de errores y es sólo uno de los aspectos por considerar cuando se transmiten datos entre equipos de comunicaciones. Otros aspectos son la regulación de la velocidad de transferencia de datos - denominada control de flujo y si interviene una red de computadoras, el establecimiento de un camino de comunicación a través de la red.

En algunas situaciones, el software de aplicación puede utilizar directamente este recurso de comunicaciones computador-computador básico, pero en otras habrá que agregar funciones adicionales. Por ejemplo, en algunas aplicaciones las computadoras que desean establecer comunicación pueden ser de diferentes tipos, lo que implica la posibilidad de diferencias en la forma de representación interna de los caracteres y valores numéricos. Esto hace necesaria la incorporación de un mecanismo para asegurar que los datos transferidos se interpreten de la misma manera en ambas computadoras. Además, puede ser que las computadoras trabajen con sistemas operativos distintos; por ejemplo, uno puede ser una pequeña computadora de un solo usuario, y el otro un sistema multiusuario grande. Esto significa que la interfaz entre los programas (de aplicación) de los usuarios - los llamados procesos de aplicación o AP (application processes) - y los servicios de comunicación computador-computador subyacentes también serán distintos. Todo ello debe tenerse en cuenta cuando se trata de comunicar datos.

El tipo de recurso de comunicación de datos que se utilice dependerá de la naturaleza de la aplicación, del número de computadoras implicadas y de su separación física. En las figuras 1.1 a 1.5 se muestran recursos de comunicación de datos representativos.

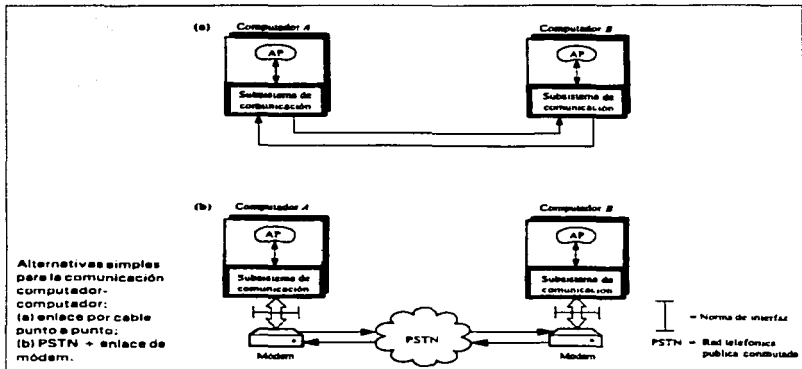


Figura 1.1 Alternativas simples para la comunicación entre computadoras

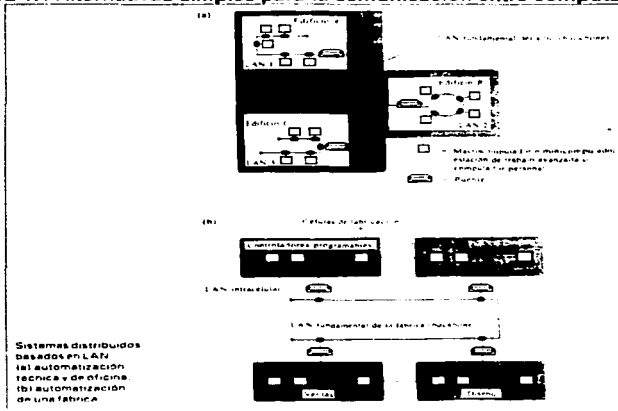


Figura 1.2 Sistemas distribuidos LAN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

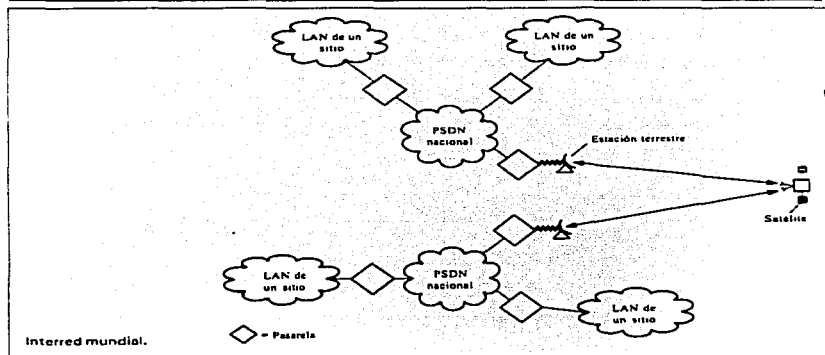


Figura 1.5 Ejemplo de una red Mundial

Si sólo intervienen dos computadoras y ambas están en la misma habitación u oficina, el recurso de transmisión puede consistir en un sencillo cable de enlace punto a punto, como se aprecia en la figura 1.1 (a). Por otro lado si las computadoras están en diferentes partes de una ciudad o de un país, es preciso usar recursos de portadora pública. Por lo general, esto implica la red telefónica pública conmutada (PSTN: public switched telephone network) que requiere un dispositivo llamado módem para transmitir los datos. Su aspecto general es como lo muestra la figura 1.1 (b).

Cuando en la aplicación intervienen más de dos computadoras, se emplea un recurso de comunicación conmutado (red) para que todas las computadoras puedan tener comunicación entre sí en distintos momentos (despreciables para el usuario). Si todas las computadoras están distribuidas dentro de una sola oficina o un solo edificio, el usuario puede instalar su propia red. A este tipo de redes se le llama red (de datos) de área local (LAN: local area network) (Ver Glosario de términos). En la actualidad existe una gran variedad de redes LAN y de equipos asociados.

Cuando las computadoras están en diferentes establecimientos (sitios), también son necesarios los recursos de las portadoras públicas. La red resultante se le conoce como red de área extensa (WAN: wide area network) (Ver Glosario de Términos). El tipo de WAN que se emplee dependerá de la naturaleza de la aplicación. Por ejemplo si todas las computadoras pertenecen a la misma empresa y es necesario transferir cantidades importantes de datos entre sitios, una estrategia consistirá en alquilar líneas (circuitos) de transmisión de las portadoras públicas e instalar un sistema de conmutación privado en cada sitio para crear lo que se denomina una red privada ó corporativa. (Ver Glosario de Términos) Muchas empresas grandes optan por este enfoque, por lo regular, las redes de este tipo integran comunicación tanto de voz como de datos.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Soluciones como ésta sólo pueden costearlas las grandes empresas, ya que el tráfico entre sitios principalmente el tráfico generado por circuitos de voz es suficiente para justificar el costo de alquilar líneas e instalar y mantener una red privada. En casi todos los demás casos es necesario usar redes de portadora pública.

TOPOLOGÍAS DE RED

Una configuración de red se denomina topología de red. Por tanto, la topología establece la forma (en cuanto a la conectividad física) de la red. Cualquier tipo de red tiene tres objetivos al establecer la topología de la misma:

1. Proporcionar la máxima fiabilidad a la hora de establecer el tráfico.
2. Encaminar el tráfico utilizando la vía de costo más barata entre los equipos transmisor y receptor.
3. Proporcionar al usuario el rendimiento óptimo y el tiempo de respuesta mínimo.

La elección de una red local requiere de una cuidadosa evaluación de muchos factores, tales como:

- Requerimientos y Expectativas de Tráfico
- Número de usuarios
- Dimensiones de la Red
- Aplicaciones
- Servicios a ofrecer

De aquí los elementos sobresalientes a considerar en una red son:

- Velocidad de Transmisión
- Técnicas de Transmisión
- Topologías
- Métodos de Acceso
- Medios de Comunicación

La velocidad de transmisión es un parámetro que nos indica la cantidad de datos que puede manejar la red. En otras palabras, es la rapidez con la que fluye la información a través del medio de comunicación.

Las redes locales se caracterizan por su alta velocidad en la transferencia de información, manejando velocidades desde 1 megabit por segundo, hasta 16 megabits por segundo o mayores según la tendencia actual.

La comunicación puede efectuarse a:

VELOCIDADES BAJAS

Hasta 4 megabits por segundo.

VELOCIDADES ALTAS

De 4 a 10 megabits por segundo

VELOCIDADES MUY ALTAS

10 megabits por segundo en adelante.

Las velocidades altas se aplican en redes donde la demanda de tráfico es alta. Estos sistemas, sin embargo, son muy sensibles a las interferencias, mismas que ocasionan errores en el sistema, algunas de las aplicaciones que trabajan en este tipo de redes son todas aquellas las cuales son sensibles a retardos en el tiempo como lo son las aplicaciones de CBR (Constant Bit Rate) o en tiempo real (Ver Glosario de Términos). Ejemplo de algunas de ellas son el tráfico de Voz, Videoconferencia o Monitoreo de Sistemas de Control Críticos (Reactores, Procesos de Manufactura en los cuales el tiempo es un factor determinante, etc.)

TOPOLOGÍA DE LAS REDES:

La estructura de interconexión o forma de conectar las computadoras en una red, determina la topología de está.

Actualmente las topologías más utilizadas son:

- Estrella
- Anillo
- Bus
- Arbol

En la topología de "ESTRELLA" todos los equipos se conectan a un Nodo central, el cual actúa como controlador del sistema, canalizando la información procedente de una estación particular, a su destino. Ver figura 1.6

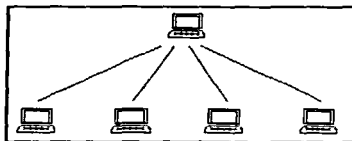


Fig. 1.6 Red tipo estrella

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La topología de "ANILLO" es un lazo continuo formado por las terminales, esta topología se caracteriza por su operación sencilla en redes pequeñas y su facilidad de conexión y reconfiguración. La información fluye en una sola dirección, transmitiéndose de terminal en terminal en el anillo. La red puede ampliarse insertando terminales en el anillo o interconectando anillos. Ver figura 1.7

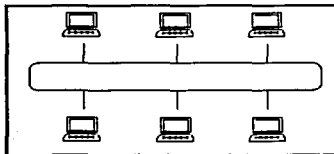


Figura 1.7 Red tipo anillo

En la topología de "BUS" todos los equipos se conectan directamente a un canal de comunicación común denominado cable troncal. El enlace que interconecta a una terminal con el cable troncal se llama derivación. La información que envía una terminal, es recibida por todas las demás simultáneamente. Los mensajes así enviados, son ignorados por todas las demás terminales excepto por aquella a la cual va dirigido el mensaje. Se puede aumentar el número de terminales de una red, únicamente conectando éstas directamente, al cable troncal. Ver figura 1.8

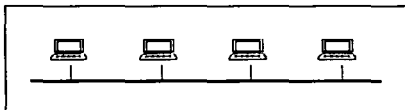


Figura 1.8 Red tipo bus

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La topología de "ÁRBOL", es una combinación de las tres anteriores, donde un mensaje es recibido por todas las terminales que actúan como controladores y éstas a su vez, enrutan los mensajes a la terminal dirigida. Estas redes se pueden ampliar conectando en cascada las terminales de expansión. Ver figura 1.9

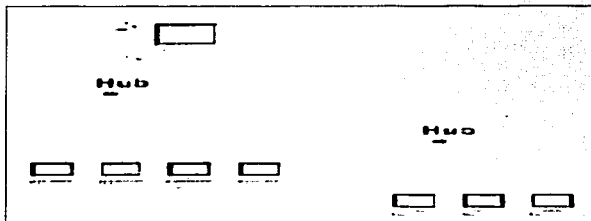


Figura 1.9 Red tipo árbol

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MÉTODOS DE ACCESO:

El Método de Acceso en una Red Local es la manera como cada uno de los nodos en la red (computadoras), va a hacer uso del medio de transmisión. Se utilizan principalmente tres métodos:

- POLEO
- TOKEN-PASSING
- CONTENCIÓN

El método de "POLEO" requiere de un controlador de la red, el cual le llama a cada una de las terminales o computadoras que estén conectadas a él, dando lugar a que una de éstas pueda enviar un mensaje, cuando el controlador la llame, este método es apropiado para una topología estrella.

En el método "TOKEN-PASSING", se genera una señal de control por toda la red llamada "Token" la cual circula por el anillo y controla el acceso a la red. Cuando una terminal desea enviar un mensaje intercepta al Token libre (Señal de control), esto es, sin mensaje modifica el estado del Token y le añade el bloque de datos a transmitir. El paquete completo viaja hasta encontrar el terminal destino, la cual recibe el bloque de datos y deja que este regrese al nodo que la originó.

Al recibir nuevamente el Token, la terminal originadora, lo restaura permitiendo que alguna otra terminal inicie una comunicación. Este método es ampliamente utilizado en redes de alta seguridad, ya que todas las computadoras en la red deben censar la señal de control, pudiendo determinar si esta en uso o ausente.

El método "CONTENCION", permite que todas las terminales transmitan sus mensajes en forma aleatoria, sin necesidad de pedir acceso a un controlador de red, si dos o más terminales intentan transmitir simultáneamente se genera una disputa por el uso de la red. Existen varias técnicas para resolver las disputas por el uso de la red, siendo la más popular, CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Acces whit Collision Detection) (Ver Glosario de Términos), con esta técnica, la terminal verifica que el canal de transmisión este libre antes de enviarlo. Si dos o más terminales envían mensajes en forma simultánea, se genera una colisión de datos anulándose los mensajes, entonces las terminales esperan un lapso breve aleatorio, antes de retransmitir el mensaje. Este método de acceso es apropiado para topologías de Bus con tráfico moderado.

TRANSMISION DE INFORMACION

Para poder transmitir datos binarios por una línea de transmisión es preciso convertir en señales eléctricas los dígitos binarios que componen cada uno de los elementos por transmitir. Por ejemplo, podemos transmitir un 1 binario aplicado a una señal (o nivel) de voltaje con amplitud de +V volts al terminal de salida de una línea de transmisión, y un 0 binario, aplicando -V volts. Al recibir estas señales, el dispositivo receptor interpreta +V volts como un 1 binario y -V volts como un 0 binario. En la práctica, el medio de transmisión atenúa (reduce) y distorsiona (deforma) las señales eléctricas transmitidas, hasta el punto en que el receptor no puede distinguir entre las señales de 1 y 0 binarios, como se aprecia en la figura 1.10

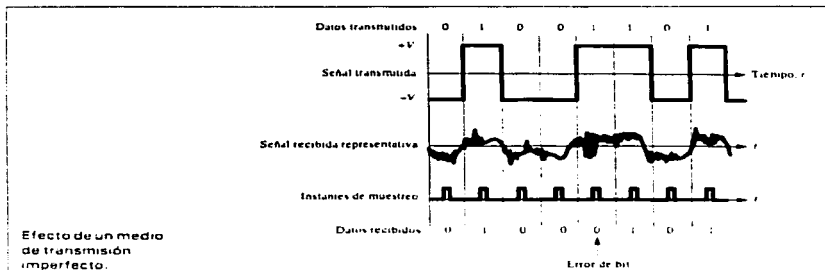


Figura 1.10 Ejemplo de un medio de transmisión imperfecto

El grado de atenuación y distorsión de la señal depende de:

- El tipo de medio de transmisión;
- La tasa de bits de los datos transmitidos;
- La distancia entre los dispositivos en comunicación.

Como es posible el cuantificar la distorsión y la atenuación para los distintos tipos de medios de transmisión y las diferentes separaciones físicas, se han definido normas internacionales para la interfaz eléctrica entre dos equipos de comunicación de datos. Estas normas no sólo definen los niveles de señal eléctrica que debe usarse, sino también el empleo y significado de cualesquiera señales y convenciones de control adicionales que se utilicen en la interfaz física. Los dos organismos que formulan normas para interconectar equipo de comunicación de datos son la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector Telecomunicaciones (ITU-T International Telecommunications Union - Telecommunications Sector) y la Electrical Industries Association (EIA: Asociación de Industrias Eléctricas). Aunque las normas definidas por ambos organismos cuentan con terminologías un poco distintas, las señales básicas y su significado son los mismos.

La forma más simple utilizada por los dispositivos para enviar un número binario por un canal de comunicaciones es conmutar la señal eléctricamente, o producir tensiones altas y bajas para representar unos y ceros, como ya se había mencionado. Sin tener en cuenta la forma de representar los datos (mediante estados de conmutación, niveles de tensión o direcciones en el flujo de corriente), el canal de comunicaciones se describe por su capacidad, es decir, el número de bits por segundo que se transmiten, que se representa por bits/s, bps o bs. Cuando se habla de 4800 bits/s en línea, quiere decir que se envían 4800 bits por segundo por el canal. Un bit es simplemente la representación del estado eléctrico, óptico o electromagnético de la línea: tensiones, corrientes o alguna forma de señal radioeléctrica u óptica. Para codificar un carácter de usuario, se utilizan habitualmente siete u ocho bits o un byte.

Un canal de comunicación de datos que utilice líneas telefónicas convencionales es muy lento. A efectos de comparación, los canales se clasifican como de baja, media y alta velocidad:

- Baja velocidad: 0-600 bits por segundo.
- Velocidad media: 600-4800 bits por segundo.
- Alta velocidad: 4800-9600 bits por segundo.

Sólo recientemente, en los últimos años, han aparecido equipos capaces de transmitir con éxito a 56.6 kilobits por segundo por canal telefónico utilizando para ello el estándar de la ITU V.90 (Ver Glosario de Términos). Las velocidades más típicas son 9600, 14400, 19200, 56000 y 64000 bits/s, y 1.544 megabit/s y 2048 Mbits/s. El canal de 1.54 megabits por segundo es el conocido canal portador T1 (Utilizado ampliamente en los Estados Unidos de América), mientras el de 2.048 Mbits/s se conoce en Europa y México como canal portador E1. Los dos últimos son empleados en canales digitales de alta velocidad y en centros de conmutación digitales.

TRANSMISION DE BITS EN SERIE Y PARALELO:

Dentro de un equipo, las distancias entre las sub-unidades elementos electrónicos como transistores "drivers", amplificadores, microprocesadores, memorias, etc. son interconectadas en tabillas donde las longitudes de los alambres con que se conectan son cortas. Por esta razón, es normal transferir datos entre ellos a través de un alambre individual para llevar cada uno de los bits de una palabra de datos. Esto significa que las unidades se conectan con múltiples alambres, y se dice que los datos se intercambian mediante un modo de transferencia paralelo. Este modo de operación implica un retardo mínimo en la transferencia de cada palabra. La transmisión paralela es usada únicamente para distancias cortas (menos de 3 mts.). Ya que los niveles de voltajes utilizados son muy bajos. La transmisión de datos en paralelo mueve los cada uno de los datos utilizando múltiples líneas (una por cada bit). Ver figura 1.11 a

Cuando se transfiere información entre dos equipos separados físicamente, en especial si la separación es de más de unos cuantos metros, principalmente por razones de costo se utiliza un solo par de líneas. Cada octeto que constituye los datos (si se utilizan palabras de ocho bits) se transmiten bit a bit dedicando un intervalo de tiempo fijo para cada bit. Este modo de operación se denomina transmisión de bits en serie. Ver figura 1.11 b

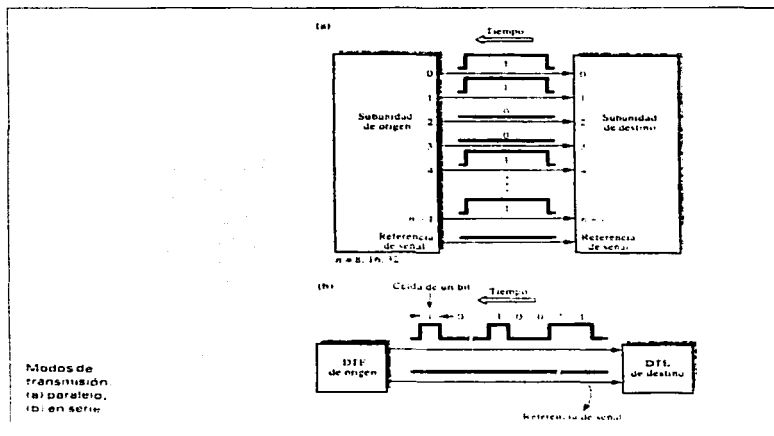


Figura 1.11 Transmisión Paralelo y Serie

TESIS CON
 LA DE ORIGEN

MODOS DE COMUNICACIÓN

Dependiendo la forma en la cual se transmite la información a un receptor, pueden existir tres formas básicas por las cuales se establece la comunicación entre dos puntos las cuales son:

1. **Simplex:** Este se emplea cuando los datos se van a transmitir sólo en una dirección.
 2. **Semidúplex (Half Dúplex):** Este se da cuando los dos dispositivos interconectados desean intercambiar información (datos) en forma alternada, debiendo de ser capaces de conmutar los dos puntos entre los modos de enviar y recibir después de cada transmisión.
 3. **Dúplex (Full Dúplex):** Se conoce también como dúplex completo y se usa cuando los datos deben de intercambiarse entre los dos dispositivos conectados en ambas direcciones al mismo tiempo.
1. Una transmisión de datos **Simplex** permite únicamente el envío de datos en una sola dirección. Un dispositivo, en uno de los extremos será el transmisor y en el otro estará el receptor. No pueden cambiar esta disposición. Por ejemplo, la conexión entre una terminal y una impresora. Ver figura 1.12

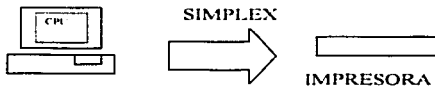
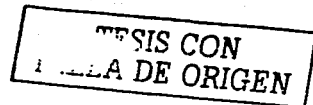


Figura 1.12 modo de operación "SIMPLEX"



• Una transmisión **Half Dúplex** es en ambas direcciones del originador al destino y del destino al originador, pero en una sola dirección a la vez.

La operación **Half Dúplex** es posible tanto en los circuitos de dos como de cuatro hilos, pero en una línea de dos hilos, debe acordarse el tiempo de inversión (de la dirección de transmisión). Ver figura 1.13

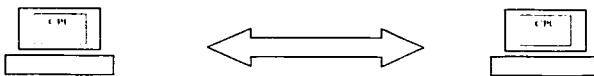


Figura 1.13 modo de operación "HALF-DUPLEX"

En una transmisión **Full Dúplex**, no existe el tiempo de inversión; la información viaja en ambas direcciones del circuito al mismo tiempo. La operación Full Dúplex generalmente utiliza circuitos a cuatro hilos, aunque algunos equipos más sofisticados funcionan con circuitos de dos hilos. Ver Figura 1.14

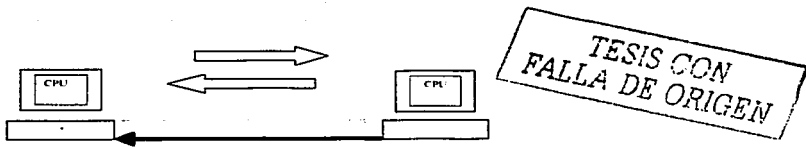


Figura 1.14 modo de operación "FULL-DUPLEX"

La mayoría de los dispositivos de datos opera tanto en el modo Half como en el Full Dúplex, aunque en el modo Simplex puede, por ejemplo, apagar o encender los equipos a ciertas horas predeterminadas.

Para lograr la comunicación entre una computadora o equipo de comunicaciones con otro similar no importando si se trata de una conexión directa o a través de algún otro dispositivo que sirva como enlace entre ellos; se define como el equipo que tiene la interacción directa con el usuario o sus sistemas, como el Equipo Terminal de Datos o DTE (Data Terminal Equipment), y el equipo que sirve de enlace entre ellos como el Equipo de Control de Datos o DCE (Data Control Equipment), la comunicación solo se lograra en este sentido, o sea un DTE solo puede interconectar con un equipo DCE y viceversa.

En algunas ocasiones es necesario el interconectar dos equipos DTE entre sí con lo cual para lograr su interconexión es necesario realizar conexiones contrarias tratando de emular su contra parte o lo que equivaldría a engañar a los dos DTE creyendo cada cual que "ve" el equipo DCE.

La interconexión de estos dos equipo se logra solo a nivel físico tendiendo por convención los equipos DTE's y DCE's señales de control contrarias.

MODOS DE TRANSMISION

Como mencionamos entre dos equipos tipo DTE los datos suelen de ser transmitidos en múltiples de una unidad de longitud fija, por lo regular de ocho bits. En algunos casos los datos consisten en un bloque de caracteres de ocho bits codificados en binario. En otros los datos consistirán en un bloque de ocho bits.

Como cada carácter o byte se transmite como una serie de bits, el equipo tipo DTE receptor recibirá uno de dos niveles de señal que variarán según el patrón de bits (y, por lo tanto, la cadena de caracteres) que compone el mensaje. Si el dispositivo receptor ha de codificar e interpretar este mensaje, deberá poder establecer lo siguiente:

1. Dónde comienza cada período de celda de bit (para poder hacer un muestreo de la señal de entrada a la mitad de cada celda).
2. Dónde comienza y dónde termina cada elemento (carácter o byte), y
3. Dónde comienza y dónde termina cada bloque de mensaje completo (denominado también trama).

Estas tres tareas se conocen como sincronización de bit o de reloj, sincronización de carácter o de byte, y sincronización de bloque o trama, respectivamente.

En general podemos lograr la sincronización de una de dos formas, dependiendo de que los relojes del transmisor y del receptor sean independientes (asíncronos) o estén sincronizados (síncronos). En la transmisión asíncrona, cada carácter (byte) se trata de manera independiente para fines de sincronización de reloj (bit) y de carácter (byte), y el receptor se resincroniza al principio de cada carácter recibido. En la transmisión síncrona, toda trama (bloque) de caracteres se transmite en forma de una cadena de bits contiguos, y el receptor trata de mantener la sincronía con el flujo de bits de llegada hasta que recibe una trama (bloque) completa.

TRANSMISIÓN ASÍNCRONA:

Cuando los datos que se van a transmitir se generan a intervalos aleatorios, esto significa que la señal en la línea de transmisión estará en el estado inactivo durante largos intervalos de tiempo entre los datos a transmitirse. Con este tipo de comunicación, entonces, el receptor deberá ser capaz de resincronizarse al principio de cada nuevo carácter que reciba. Para ello, cada carácter o byte transmitido debe encapsularse entre un bit de inicio y uno o más de paro adicionales, como se ilustra en la figura 1.15

Aunque se emplea sobre todo para transmitir caracteres entre un teclado (o más generalmente una terminal) y una computadora, la transmisión asíncrona también puede servir para transmitir bloques de caracteres (o bytes) entre dos computadoras. En tal caso, el bit de inicio de cada carácter subsecuente sigue de inmediato al o los bits del carácter previo, ya que los caracteres de un bloque se transmiten, uno tras otro, sin ningún retardo entre sí.

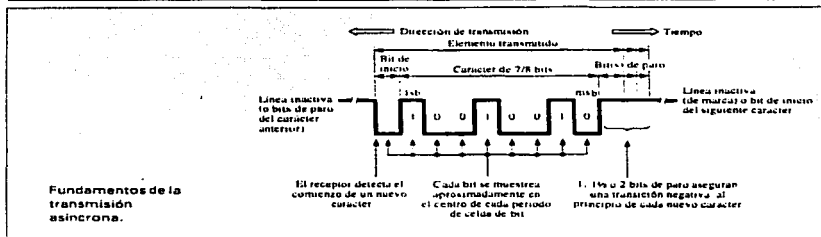


Figura 1.15 Transmisión asincrónica

Como se aprecia en la figura 1.15, la polaridad de los bits de inicio y de paro es distinta. Esta diferencia asegura que siempre habrá por lo menos una transición (1 → 0 → 1) entre dos caracteres sucesivos, sin importar que secuencias de bits tengan los caracteres transmitidos. Así, con la primera transición 1 → 0 posterior a un periodo inactivo el dispositivo receptor podrá determinar dónde comienza cada nuevo carácter. Además, al usar un reloj cuya frecuencia es N veces mayor que la frecuencia de la tasa de bits transmitidos, el dispositivo receptor podrá determinar con una aproximación satisfactoria el estado de cada bit del carácter transmitido al hacer un muestreo la señal recibida aproximadamente en el centro de cada periodo de cada bit.

Podemos deducir que para transmitir cada elemento de datos del usuario se necesitan 10 bits (uno de inicio y uno de paro) o posiblemente 11 bits (uno de inicio y dos de paro). Suponiendo que solo hay un solo bit de inicio y dos bits de paro por cada elemento de ocho bits, y una tasa de transmisión de datos de, digamos, 1200 bps, la tasa de datos será de 1200/11 o aproximadamente de 110 bytes por segundo. Las tasas de señalización más comunes en las líneas asincrónicas son de 110, 300, 1200, 4800, 9600 y 19 200 bps, aunque también hay tasas más altas para distancias cortas.

Por último, cuando se están transmitiendo bloques de caracteres (o bytes), cada bloque se encapsula entre un par de caracteres reservados (de control de transmisión) para obtener la sincronización del bloque (trama). Esto garantiza que el receptor, al recibir el primer carácter (byte) después de un periodo inactivo, pueda determinar que se está transmitiendo una nueva trama. De manera similar, al recibir el último carácter (byte), sabrá que ha llegado el final de la trama.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TRANSMISIÓN SÍNCRONA:

Como acabamos de señalar, la transmisión asincrónica suele utilizarse cuando la tasa de generación de datos o caracteres es indeterminada, o bien cuando se transmiten bloques de caracteres con tasas de datos relativamente bajas. En la transmisión asincrónica son aceptables tanto el uso de bits adicionales por carácter para la sincronización de caracteres como un método de sincronización de bits relativamente burdo. En cambio para transmitir bloques grandes de datos con tasas de bits más altas, se opta por la transmisión sincrónica.

En la transmisión sincrónica, el bloque o trama de datos completo se transmite como un flujo de bits contiguos sin ningún retardo entre cada elemento de ocho bits. Para lograr que el dispositivo receptor realice los distintos niveles de sincronización:

El flujo de bits transmitidos se codifica de manera tal que el receptor se pueda mantener en sincronía de bits.

Todas las tramas van precedidas por uno o más bytes o caracteres reservados con el fin de asegurar que el receptor interprete de manera confiable los límites de carácter o byte correctos dentro del flujo de bits recibidos (sincronización de carácter o byte).

El contenido de cada trama se encapsula entre un par de caracteres o bytes reservados para la sincronización de tramas.

En el caso de la transmisión sincrónica, durante el periodo entre la transmisión de tramas sucesivas, o bien se transmiten continuamente caracteres (o bytes) de inactividad sincrónica para que el receptor pueda mantener la sincronía de bit y byte, o bien se antepone a cada trama dos o más bytes o caracteres de sincronización especiales que permitan al receptor recuperar la sincronía.

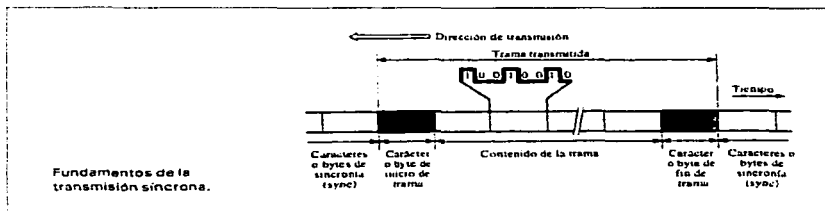


Figura 1.16 Transmisión sincrónica

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Al igual que en la transmisión asíncrona, debemos de asegurar que los caracteres (byte) de inicio de trama y de fin de trama sean únicos, es decir, que no aparezcan en el contenido de la trama que sé esta transmitiendo. Es obvio que si la trama contiene, por ejemplo, un archivo en código binario, esto no podrá garantizarse y habrá que tomar medidas adicionales para contemplar esta posibilidad.

CONTROL DE ERRORES

Durante la transmisión de un flujo de bits en serie entre dos equipos DTE, es muy común que se altere la información transmitida; esto es, el nivel de señal correspondiente a un 0 binario se modifica y, en el límite, el receptor lo interpretará como el nivel correspondiente a un 1 binario, y viceversa. Por tanto, cuando se transmiten datos entre dos dispositivos por lo regular se toman las medidas necesarias para detectar los posibles errores de transmisión y, si se presentan, corregirlos.

Disponemos de varios esquemas alternativos, pero por lo regular nuestra elección estará determinada por el método de transmisión. Por ejemplo, con la transmisión asíncrona, como cada carácter se trata como una entidad independiente, lo normal es incluir un dígito binario (bit) adicional dentro de cada carácter transmitido. Este dígito adicional se llama bit de paridad.

En contraste con la transmisión síncrona, para determinar los posibles errores de transmisión, consideramos toda la trama, pues la unidad básica de transmisión es la trama. Además, como el contenido de una trama puede ser grande, se incrementa la probabilidad de que más de un bit se haya alterado, por lo cual hay que emplear una secuencia de verificación de errores más compleja. Una vez más, esto puede adoptar varias formas distintas, pero, en general, el dispositivo transmisor calculará una secuencia de dígitos para la verificación de errores con base en el contenido de la trama que sé esta transmitiendo, y concatenará dicha secuencia al final de la trama, ya sea antes o después del carácter o byte que marca el fin de la trama.

Durante la transmisión de la trama, el receptor puede recalcular un nuevo conjunto de dígitos para verificación de errores con base en el contenido de lo que recibió y, al recibir el carácter o byte de fin de trama, puede comparar dicho conjunto con los dígitos de verificación transmitidos; si no son iguales, se supondrá que hubo un error de transmisión.

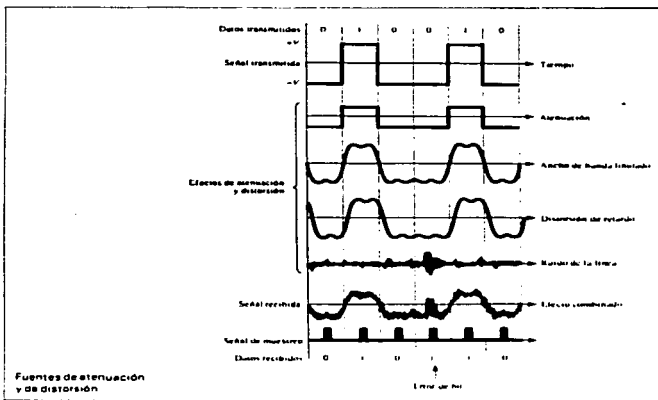
Con ambos esquemas el receptor sólo puede detectar la ocurrencia de errores de transmisión; en consecuencia, necesitamos un esquema con el cual el receptor pueda obtener otra copia de la transmisión original cuando se detecten errores.

CONTROL DE FLUJO

Si la cantidad de datos por transmitir entre dos dispositivos es pequeña, el dispositivo transmisor puede enviar todos los datos en forma inmediata para que el dispositivo receptor cuente con los recursos suficientes para contener los datos. Sin embargo, hay muchas situaciones de comunicación de datos en que esto no es así, por lo que a menudo es preciso adoptar un método para controlar el flujo de la transferencia de datos y asegurar así que el receptor no pierda ninguno de los datos transmitidos por carecer de suficiente espacio de almacenamiento. Esto tiene importancia cuando los dos dispositivos se comunican a través de una red de comunicación de datos intermedia, pues con mucha frecuencia la red sólo podrá mantener en almacenamiento temporal una cantidad limitada de datos. Si los dos dispositivos operan con tasas de datos distintas, no es raro que tengamos que controlar la tasa media de salida del dispositivo más rápido para evitar que la red de comunicación se congestione. A la regulación del flujo de información entre dos DTE se le denomina control de flujo (Ver Glosario de Términos).

FUENTES DE ATENUACIÓN Y DISTORSIÓN

En la figura 1.17 se ilustran los diversos efectos de atenuación y distorsión que pueden degradar una señal durante su transmisión. Cualquier señal transportada por un medio de transmisión causa efectos de atenuación, ancho de banda limitado, distorsión de retardo y ruido. Aunque todos estos factores se presentan y producen un efecto combinado, consideraremos cada uno de estos deterioros por separado.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ATENUACIÓN

Conforme una señal se propaga por un medio (línea) de transmisión, su amplitud disminuye. A esto se llama atenuación de la señal. En condiciones normales, para corregir la atenuación, se establece un límite a la longitud del cable que puede usarse, para así garantizar que los circuitos receptores podrán detectar e interpretar con confiabilidad la señal atenuada recibida. Si el cable es más largo, se inserta uno o más amplificadores – también llamados repetidores – a intervalos a lo largo del cable a fin de restablecer la señal recibida a su nivel original.

La atenuación de la señal aumenta con la frecuencia, y como una señal comprende un intervalo de frecuencias, también se distorsiona. Para resolver este problema, se diseñan los amplificadores de modo que amplifiquen las señales de distintas frecuencias en grados diferentes. Como alternativa, se pueden usar los dispositivos llamados equalizadores para igualar la atenuación dentro de una banda de frecuencias definida.

La atenuación y la amplificación se miden en decibeles [dB]. Si denotamos con P_1 el nivel de la potencia de la señal transmitida, y con P_2 el de la señal recibida, entonces

$$\text{Atenuación} = 10 \log_{10} P_1/P_2 \text{ [dB]}$$

y

$$\text{Amplificación} = 10 \log_{10} P_2/P_1 \text{ [dB]}$$

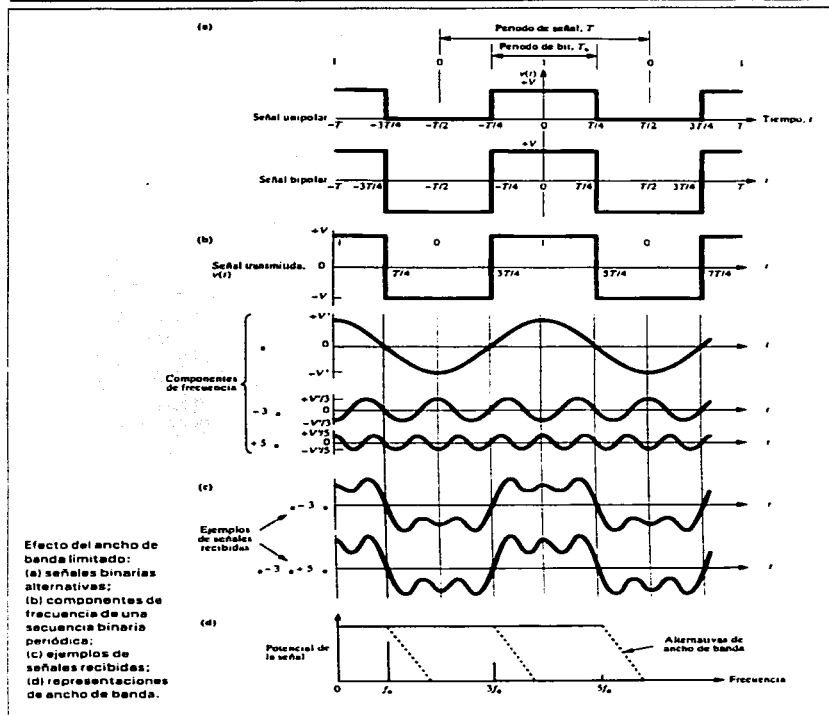
Como tanto P_1 como P_2 se expresan en watts, los decibeles son adimensionales y sirven sólo como una medida de la magnitud relativa de dos niveles de potencia. El empleo de logaritmos significa que la atenuación/amplificación global de un canal de transmisión de varias secciones puede determinarse con sólo sumar las atenuaciones/amplificaciones de las secciones individuales.

En términos más generales, cuando nos ocupamos de transmitir información binaria por un canal de ancho de banda limitado, a menudo podemos usar más de dos niveles de señal. Esto significa que cada elemento de señal puede representar más de un solo dígito binario. En general, si ese número de niveles de señal es M , el número de bits por elemento de señal, m , está dado por:

$$m = \log_2 M$$

Por ejemplo, si transmitimos un flujo de bits de datos con cuatro niveles de señal, cada elemento de señal servirá para transmitir dos dígitos binarios. A la tasa de cambio de la señal se le llama tasa de señalización (R_s), y se mide en bauds. Esta tasa se relaciona con la tasa de bits de datos, R , con la siguiente expresión:

$$R = R_s \log_2 M$$



RECIBIDO CON
 FOLLA DE ORIGEN

Figura 1.18 Efectos de Ancho de Banda

MULTIPLEXIÓN

Cuando las comunicaciones de datos iniciaron su proliferación en los 60s, el abatimiento de los costos de transmisión y la rapidez de interconexión a distancias muy grandes, fueron y continuaran siendo la razón de su fantástico desarrollo.

Las comunicaciones de datos tienden a ser abiertas y no simétricas. Esto es, que existen periodos vacíos significativos cuando se envía muy poco o nada de información, y el volumen de datos enviados en una dirección desde un computadora puede ser mucho más grande que el enviado en la otra dirección.

Además, muchos dispositivos tales como las terminales, pueden generar datos, los cuales ocupan únicamente una pequeña fracción de la capacidad de un canal telefónico.

Ya que el costo del canal por unidad de tiempo es independiente de la velocidad de datos, hay un gran incentivo para desarrollar técnicas para las siguientes necesidades:

- a) Que una gran cantidad de dispositivos de baja velocidad pueda compartir un canal.
- b) Que las fluctuaciones abiertas y estadísticas comunes a las comunicaciones de datos, sean niveladas para que la velocidad agregada de los datos transmitidos, corresponda al promedio de velocidad en lugar del pico de velocidad generado por los dispositivos.

Ambos objetivos son alcanzados con el uso del multiplexaje.

Inherentemente, un multiplexor es un concentrador en el cual se mezcla un gran número de líneas de datos individuales en una sola línea. Tradicionalmente, la palabra concentrador fue usada en las comunicaciones de datos para señalar dispositivos que no únicamente realizaban multiplexaje hacia un puerto de salida, sino que además tenía un programa residente o un procesador programable que realiza la conmutación y enrutamiento hacia algunos puertos de salida, así como el manejo de compresión de datos, conversión de código, control de errores, funciones de protocolo, etc.

El concepto de multiplexaje se da como la técnica de transmitir dos o más señales simultáneamente por medio de una transmisión simple o sencilla.

El multiplexaje puede ser realizado en el dominio de la frecuencia o en el dominio del tiempo, el primero es llamado multiplexaje por división de frecuencia (FDM), y otro más es el multiplexaje por división de tiempo (TDM).

La frecuencia de cualquier línea de transmisión tiene un máximo ancho de banda disponible para un periodo de tiempo determinado. El multiplexaje puede lograrse por técnicas de división de frecuencia o de división en el tiempo.

Multiplexaje por división de frecuencia.

El multiplexaje por división de frecuencia es posible cuando el ancho de banda útil del medio rebasa el ancho de banda requerido por las señales a ser transmitidas. Un número de señales puede ser transportado simultáneamente si cada señal es modulada sobre una frecuencia portadora, y las frecuencias portadoras están suficientemente separadas de tal manera que los anchos de banda de las señales no se traslapen.



Figura 1.19 Multiplexaje por división de frecuencia.

La figura 1.19 muestra un caso común de FDM. Seis fuentes de señales son alimentadas a un multiplexor, el cual modula cada señal sobre una frecuencia diferente (f_1 a f_6).

Cada señal modulada requiere un cierto ancho de banda centrada alrededor de su frecuencia portadora, mencionado como un canal.

Para prevenir interferencia, los canales son separados por bandas de guarda, las cuales son partes no usadas en el espectro de frecuencias.

La señal compuesta transmitida a través del medio es analógica, sin embargo las señales de entrada pueden ser tanto digitales como analógicas. En el caso de entrada digital, las tres técnicas de modulación básica (ASK, FSK, PSK) deberán ser usadas para producir una señal de entrada en la frecuencia deseada.

En el caso de una entrada analógica, tal como voz, las técnicas de modulación en amplitud, fase y frecuencia (AM, FM, PM) son aplicables.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Multiplexaje por división en tiempo

En esta técnica lo que se hace es compartir en intervalos de tiempo asignados a cada canal en donde cada usuario utiliza toda la banda por un instante de tiempo.

Multiplexión Estadística

En el multiplexado estadístico (STM) no hay un reparto preasignado del ancho de banda sino que el tiempo es compartido en forma dinámica en proporción directa a la demanda de cada subcanal. El multiplexado estadístico es un método más eficiente de utilizar el recurso común, ya que permite conectar a los subcanales mayor ancho de banda que la capacidad del agregado. Por otra parte, la desventaja del multiplexado estadística es la introducción de un retardo inaceptable en algunas aplicaciones.

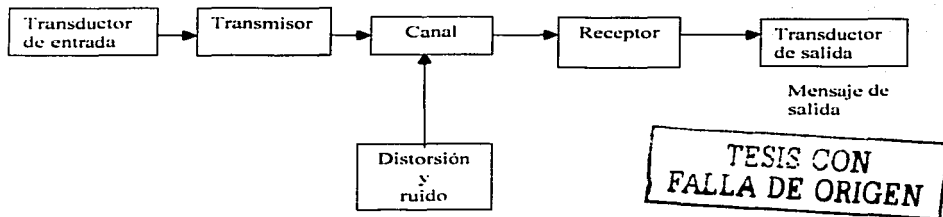


Figura 1.20 Sistema de comunicación típico

Un sistema de comunicación típico puede modelarse como se ilustra en la figura 1.20. Los componentes de un sistema de comunicación son los siguientes:

La fuente, que origina el mensaje, como una voz humana. Una imagen de televisión, un mensaje de teletipo, o simplemente datos. Si los datos son no eléctricos (la voz humana, mensaje de teletipo, imagen de televisión). Deben convertirse mediante un transductor de entrada en una forma de onda eléctrica que se conoce como señal de banda base o señal de mensaje.

El transmisor, que modifica la señal de banda base para una eficiente transmisión, el canal, que es un medio, tal como un alambre, un cable coaxial, una guía de ondas, una fibra óptica, o un enlace de radio (a través del cual se envía la salida del transmisor). El receptor, que reprocesa la señal proveniente del canal al deshacer las modificaciones introducidas por el transmisor y el canal. La salida del receptor alimenta al transductor de salida, que convierte la señal eléctrica a su forma original, el mensaje. El destinatario, que es la unidad a la que se comunica el mensaje. Un canal actúa en parte como un filtro, para atenuar la señal y distorsionar su forma de onda.

La longitud del canal incrementa la atenuación, y ésta varía desde un pequeño porcentaje para distancias cortas hasta órdenes importantes de magnitud para la comunicación. La forma de la onda se distorsiona debido a las diferentes cantidades de atenuación y de corrimiento de fase que experimentan las distintas componentes de frecuencia de la señal. Por ejemplo, un pulso cuadrado es redondeado o ampliado mediante el proceso. Este tipo de distorsión, que se llama distorsión lineal, puede ser corregida en parte en el receptor mediante un equalizador o compensador con características complementarias de ganancia y de fase con respecto a las del canal. El canal puede también ocasionar distorsión no lineal a través de la atenuación que varía con la amplitud de la señal. Esta distorsión puede también ser corregida en parte mediante un equalizador complementario en el receptor.

La señal no es solo distorsionada por el canal sino también es contaminada a lo largo de la trayectoria por señales indeseables, agrupadas bajo el término genérico de ruido, que son señales aleatorias y no predecibles debidas a causas tanto externas como internas. El ruido externo incluye a la interferencia proveniente de señales transmitidas por canales vecinos; el ruido generado por el hombre por fallas de contactos en el equipo eléctrico, por radiación de la ignición de los automóviles, luces fluorescentes, y el ruido natural de los relámpagos, tormentas eléctricas, radiación solar e intergaláctica. Con cuidado apropiado, el ruido externo puede minimizarse o aún eliminarse. El ruido interno resulta del movimiento térmico de los electrones dentro de los conductores, la emisión aleatoria y la difusión o recombinación de portadoras de carga dentro de los dispositivos electrónicos. El cuidado apropiado puede reducir el efecto del ruido interno pero nunca se puede eliminar. El ruido es uno de los factores básicos que establece un límite sobre el índice de comunicación. La relación de señal a ruido (RSR) (Ver Glosario de Términos) se define como la relación de la potencia de la señal a la potencia del ruido.

El canal distorsiona a la señal y el ruido se acumula a lo largo de la trayectoria. Peor aún, la intensidad de la señal decrece mientras el nivel del ruido aumenta con la distancia desde el transmisor. Por consiguiente, la RSR va decreciendo en forma continua a lo largo del canal. La amplificación de la señal recibida para compensar la atenuación no es útil debido a que el ruido se amplificará en la misma proporción, y la RSR se conserva, en el mejor de los casos, sin cambio. (En realidad, la amplificación deteriora aún más la RSR debido al ruido del amplificador.)

MENSAJES ANALÓGICOS Y DIGITALES

Los mensajes analógicos se caracterizan por contener datos cuyo valor varía en un rango continuo. Por ejemplo, la temperatura o la presión atmosférica de cierta localidad pueden variar dentro de un rango continuo y pueden tomar un número infinito de valores posibles. En forma similar, la forma de onda de una señal de audio contiene amplitudes que varían dentro de un rango continuo. En un intervalo de tiempo dado, existe un número infinito de formas de onda de la voz, en contraste con sólo un número finito de mensajes digitales posibles. Los mensajes digitales se transmiten utilizando un conjunto finito de formas de onda eléctricas; por ejemplo, en el código Morse, una raya puede transmitirse mediante un pulso eléctrico de amplitud $A/2$, y un espacio puede transmitirse mediante un pulso de amplitud $-A/2$. En un caso m -ario, se utilizan "m" pulsos (o formas de onda) eléctricos distintos; cada uno de los "m" pulsos se les representa a uno de los "m" símbolos posibles.

La tarea de un receptor consiste en extraer un mensaje de una señal distorsionada y afectada por ruido a la salida del canal. La extracción del mensaje es en ocasiones más fácil en las señales digitales que en las señales analógicas. Consideremos un caso binario: se codifican dos símbolos como pulsos rectangulares de amplitudes $A/2$ y $-A/2$. La única decisión en el receptor será la selección entre dos pulsos recibidos posibles, no entre los detalles de la forma del pulso, la decisión se toma rápidamente con razonable certidumbre aun si los pulsos se encuentran distorsionados y afectados por ruido..

En consecuencia un sistema de comunicación digital puede transmitir mensajes con mayor exactitud que un sistema analógico en presencia de distorsión y ruido.

La posibilidad de utilizar repetidores regenerativos es una ventaja adicional para la comunicación digital. Una estación repetidora detecta los pulsos y transmite nuevos pulsos limpios, combatiendo en esta forma la acumulación de distorsión y de ruido y permitiendo la transmisión de información a través de distancias más largas y con más exactitud.

En contraste con los mensajes digitales, la forma de onda de los mensajes analógicos es importante, y aún una leve distorsión o interferencia en la forma de la onda ocasionará un error en la señal recibida. Existe una dificultad adicional: un repetidor regenerativo no es viable para las señales analógicas, ya que el ruido y la distorsión, no importa lo pequeños que sean, no podrán ser eliminadas de una señal analógica, ya que no es posible discernir en la señal, que parte es información y que parte es ruido.

Como resultado, la distorsión y la interferencia por ruido son acumulativas a través de toda la trayectoria de transmisión. Para superar esta dificultad la señal se atenúa continuamente, a lo largo del trayecto de transmisión, entonces con el aumento de la distancia la señal se hace más débil mientras que la distorsión y el ruido se hacen cada vez más fuertes.

Finalmente la señal, dominada por la distorsión y el ruido, queda mutilada. La amplificación es de escasa ayuda, ya que acentúa la señal y el ruido en la misma proporción. En consecuencia, la distancia a través de la cual se puede transmitir un mensaje analógico es limitada por la potencia del transmisor. No obstante, la comunicación analógica está siendo ampliamente utilizada a pesar de estos problemas.

Cabe señalar que existe una tendencia a reemplazar los sistemas analógicos por sistemas digitales ya que estos últimos han venido a ser más económicos debido a una dramática reducción en costos lograda en la fabricación de los circuitos digitales.

PARAMETROS DE CANAL

Los factores fundamentales que controlan el índice y la calidad de la transmisión de información son el ancho de banda de canal B y la potencia S de la señal.

El ancho de banda de un canal es el rango de frecuencias que éste puede transmitir con razonable fidelidad; por ejemplo, si un canal puede transmitir con razonable fidelidad una señal cuyas componentes de frecuencia ocupan un rango de 0 (Hz) hasta un máximo de 5000 Hz (5 kHz) el ancho de banda (B) (Ver Glosario de Términos) del canal será de 5 kHz.

Para comprender el papel del Ancho de Banda (B), se considera la posibilidad de aumentar la velocidad de transmisión de la información mediante la compresión en el tiempo de la señal. Si una señal se comprime en el tiempo mediante un factor de dos, se podrá transmitir en la mitad del tiempo, y la velocidad de transmisión se duplica. Sin embargo, la compresión por un factor de dos hace que la señal oscile dos veces más rápido, lo que implica que las frecuencias de sus componentes se dupliquen. Para transmitir sin distorsión esta señal comprimida, el ancho de banda de canal debe también duplicarse.

De esta forma, el índice de transmisión de información es directamente proporcional a B . Con más generalidad si un canal de ancho de banda B puede transmitir N pulsos por segundo, entonces, para transmitir KN pulsos por segundo se necesita un canal de ancho de banda KB . Para reiterar, el número de pulsos/segundo que pueden transmitirse a través de un canal es directamente proporcional a su ancho de banda B .

La potencia S de la señal desempeña un papel dual en la transmisión de información. Primero, S está relacionada con la calidad de la transmisión. Al incrementarse S , la potencia de la señal, se reduce el efecto del ruido de canal, y la información se recibe con mayor exactitud, o con menos incertidumbre. Una mayor relación de señal a ruido (RSR) permite también la transmisión a través de una distancia mayor. En cualquier caso, una cierta RSR mínima es necesaria para la comunicación.

El segundo papel que juega la potencia de la señal no es tan obvio, aunque sí es muy importante. El ancho de banda " B " del canal y " S " son intercambiables. Es decir, para mantener un índice y una exactitud dados de transmisión de la información. Es posible cambiar " S " por " B " y viceversa. Así, es posible reducir a " B " si se debe aumentar a " S " o se puede reducir " S " si se desea aumentar " B ".

En conclusión, los dos recursos primarios de la comunicación son el ancho de banda y la potencia de la transmisión. En un canal de comunicación dado, un recurso podría ser más valioso que el otro, y el esquema de comunicación se diseñaría de acuerdo con ello. Un canal telefónico típico, por ejemplo, tiene un ancho de banda limitado (3 kHz), pero dispone de gran potencia. Por otra parte, en los vehículos espaciales se dispone de un ancho de banda infinito pero la potencia es limitada.

En consecuencia, los esquemas de comunicación que se requieren en los dos casos son radicalmente diferentes.

Ya que la RSR es proporcional a la potencia S , se puede decir que la RSR y el ancho de banda son intercambiables. De esta forma, si un índice dado de transmisión de información requiere de un ancho de banda de canal B , y una relación de señal a ruido RSR entonces es posible transmitir la misma información a través de un ancho de banda de canal B_2 y una relación de señal a ruido RSR_2 en donde

$RSR_2 \sim RSR / B_2$

Así, si se duplica el ancho de banda de canal, la RSR que se requiere será entonces una raíz cuadrada de la RSR original, y al triplicar el ancho de banda de canal, la RSR correspondiente se reducirá a sólo la raíz cúbica de la RSR inicial. Por consiguiente, un incremento relativamente pequeño, en el ancho de banda de canal representa una gran ventaja en términos de una potencia de transmisión reducida. Pero un gran incremento en la potencia transmitida representa una ventaja pobre en la reducción del ancho de banda. Por lo tanto, en la práctica, el intercambio de B y RSR es, por lo general, en el sentido de incrementar a B para reducir la potencia de transmisión y rara vez en el otro sentido.

La ecuación anterior proporciona la cota superior del intercambio de RSR y B . No todos los sistemas son capaces de alcanzar este límite; por ejemplo, la modulación en frecuencia (FM) es un esquema que se usa comúnmente en la radiodifusión para mejorar la calidad de la señal en el receptor al incrementar el ancho de banda de la transmisión. Un sistema de FM no usa en forma eficiente el ancho de banda para reducir la RSR requerida, y su funcionamiento cae muy por debajo del que aparece en la ecuación. Generalmente hablando, la transmisión de señales en la forma digital se acerca mucho más a la realización del límite de la ecuación que la transmisión de señales en la forma analógica. La limitación que imponen el ancho de banda de canal y la RSR sobre la comunicación se manifiesta en forma dramática con la ecuación de Shannon.

$C = \log_2 (1 + RSR)$ bits/seg

Aquí, C es el índice de transmisión de información por segundo. Este índice C (que se conoce como capacidad de canal) es el número máximo de símbolos binarios (bits) que pueden transmitirse por segundo con una probabilidad de error arbitrariamente cercana a cero.

En otras palabras, un canal puede transmitir $B \log_2 (1 + RSR)$ dígitos binarios, o símbolos, por segundo con tanta exactitud como se desee. Más aún, es imposible transmitir a un índice mayor que éste sin incurrir en errores. La ecuación de Shannon pone claramente de manifiesto la limitación sobre el índice de comunicación impuesto por B y RSR . Si no hubiera ruido en el canal ($N = 0$), $C = \infty$, y la comunicación dejaría de ser un problema. Se podría entonces transmitir cualquier cantidad de información al mundo a través de un canal. Esto se puede verificar rápidamente: si el ruido fuera igual a cero, no habría incertidumbre en la amplitud del pulso recibido, y el receptor estaría en condiciones de detectar cualquier amplitud de pulso sin ambigüedades.

La separación mínima de amplitud de pulso A puede ser arbitrariamente pequeña, y para cualquier pulso dado se tiene un número infinito de niveles disponibles. Se puede asignar un nivel a cada mensaje posible.

El asunto es que si el ruido es igual a cero, la comunicación deja de ser un problema, al menos en teoría. La implementación de este esquema sería difícil debido al requisito de la generación y detección de pulsos de amplitudes precisas. Estas dificultades prácticas podrían entonces establecer un límite en el índice de comunicación.

Modulación

Las señales (bits) son generadas por un dispositivo de procesamiento de datos (digital), y es transportado por un camino originalmente analógico. Para esto se necesita técnicas que permitan transmitir señales sin que se pierda su integridad. Para cumplir esto se necesita agregar a los dispositivos de procesamiento de datos equipos especialmente elaborados para MODULAR y DEMODULAR, como el MODEM. Una señal (bit) puede ser enviada de dos formas: digital y analógica. Las técnicas empleadas para transportar información son:

La modulación es la técnica empleada para modificar una señal con la finalidad de posibilitar el transporte de informaciones a través de un canal de comunicación y recuperar la señal en su forma original en la otra extremidad. Ahora serán posibles dos técnicas para la transmisión de datos: Analógica y Digital. Solamente la Analógica realiza modulación. Una vez que la Digital usa un recurso de codificación de pulsos.

Tipos de modulación

Una señal modulada es la que, viajando a través de la línea de transmisión, transporta en forma analógica la información que originalmente se encontraba en forma digital. Se dice que una señal (denominada Portadora) esta modulada por otra (denominada moduladora) cuando esta última controla alguno de los parámetros de la primera.

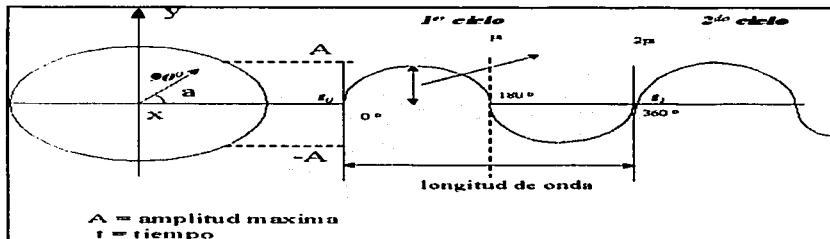


Figura 1.21 Descripción de una onda

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Como se sabe, los parámetros que definen a una onda analógica típica son: su frecuencia, su amplitud y su fase. Ver figura 1.21. Según se actúe sobre cada uno de los parámetros se tendrá modulación en frecuencia, amplitud o fase. La definición anterior de modulación indica, sencillamente que una señal modulada no es sino una sinusoide a la que se han modificado alguna de sus características conforme a una señal digital dada, llamada moduladora. Ver Figura 1.22

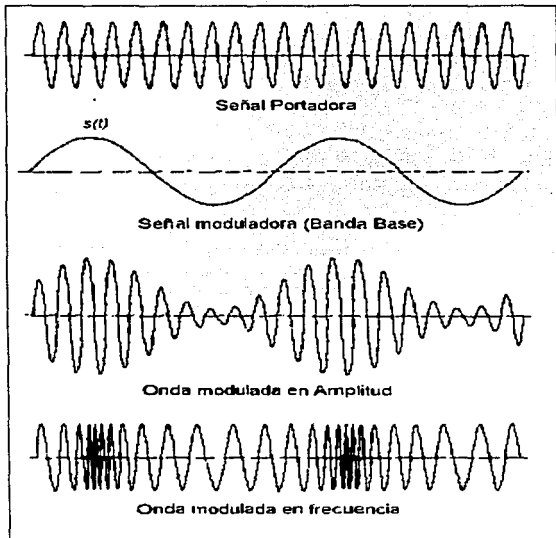


Figura 1.22 Tipos de Modulación Analógica

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Modulación en amplitud (DSK)

La técnica de modulación en amplitud utiliza variaciones de la amplitud de la onda portadora para que haciéndolo según la cadencia de la señal digital, posibilite la transmisión de información.

En la modulación en amplitud un "1" binario se representa por una onda sinusoidal de amplitud «A» dada, mientras que un «0» se representa por una señal con amplitud menor que "A". Nótese que el resto de los parámetros que definen la onda sinusoidal (frecuencia y fase) permanecen inalterados en el proceso de modulación.

La modulación en amplitud no suele emplearse aisladamente, pues presenta serios problemas de distorsión y potencia. Normalmente se utiliza en conjunción con la modulación de fase, aumentando así la eficacia del proceso

Modulación en Frecuencia (FSK)

La técnica de modulación en frecuencia modifica la frecuencia de la señal portadora, según la señal digital que se trasmite.

En su forma más intuitiva, la frecuencia alta representara uno de los estados binarios posibles de la señal digital, generalmente el "1", representándose por una señal de frecuencia diferente el estado "0".

BITS Y BAUDIOS:

La Tasa de modulación representa la cantidad de veces que la línea fue señalizada y es expresada en Baudios.

Tasa de Modulación = $1/d$

d = duración del elemento básico de la señal

Una tasa de transmisión es dada por el número de bits por segundo que pueden ser transmitidos. Tomándose en cuenta que la línea puede asumir n estados diferentes, se puede transmitir k bits por estado, tal que:

$$2^k = n$$
$$k = \log_2 n$$

Tasa de Transmisión = $k \cdot$ Tasa de modulación

Modulación Digital

Los Módems digitales no ejecutan exactamente una modulación, sino una especie de codificación de una señal que difiere mucho con relación a una señal analógica generada por los Módems analógicos.

Modulación Analógica

Una señal digital generada por el equipo de procesamiento de datos es inferida en la onda portadora generada por el módem, siendo que las características originales de la onda padrón son modificadas de acuerdo a la técnica de modulación utilizada por el módem y esta transporta los datos hasta la otra extremidad del enlace donde otro módem demodulará la señal y la entregará a un equipo de procesamiento de datos en su forma original.

Técnicas de Modulación Digital:

Son las siguientes:

- ASK (Amplitud Shift - Keying)
- FSK (Frequency Shift - Keying)
- PSK (Phase Shift - Keying)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Modulación ASK:

La amplitud de la onda es alterada de acuerdo con la variación de la señal de información.

Exige un medio en que la respuesta de amplitud sea estable, ya que este tipo de modulación es bastante sensible a ruidos y distorsiones. Ver figura 1.23

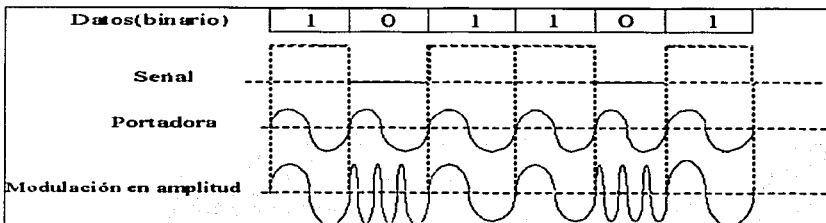


Figura 1.23 Modulación Digital ASK

Modulación FSK:

Consiste en un procedimiento de 2 osciladores con Frecuencias Diferentes para dígitos 0 y 1. Normalmente es usada para transmisión de datos en bajas velocidades y puede ser:

Coherente : Donde no ocurre variación de fase de la portadora para dígitos del mismo valor.

No Coherente: Donde puede ocurrir variación de fase de la portadora para dígitos del mismo valor. Ver figura 1.24

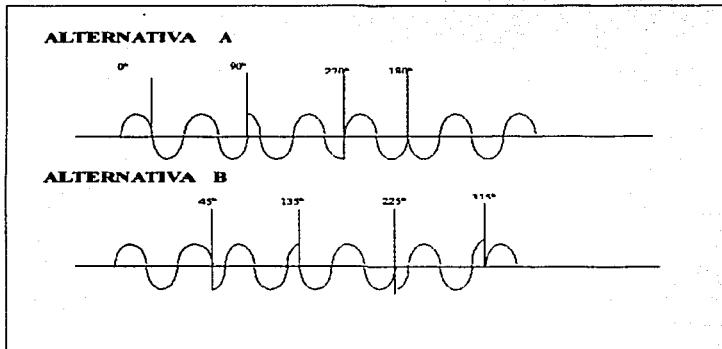


Figura 1.24 Modulación FSK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Modulación PSK:

Consiste en un procedimiento de la onda portadora en función de un bit de dato (0, 1). Un bit 0 corresponde a la fase 0; en cuanto al bit 1, corresponde a la fase π . Por tanto, este ángulo está asociado con un dato al ser transmitido y con una técnica de codificación usada para representar un bit.

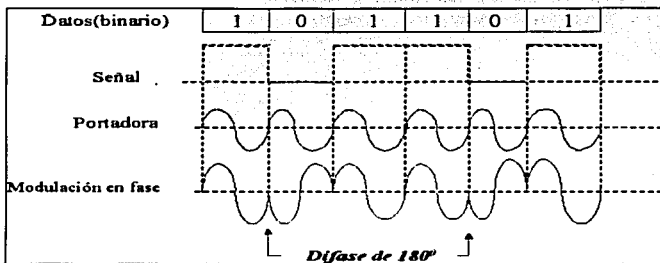


Figura 1.24 Modulación PSK

Modulación DPSK:

Variación de la modulación PSK, que tiene como característica un procedimiento de la fase de acuerdo con un dígito a ser transmitido.

Modulación QAM:

Es caracterizada por la superposición de 2 portadoras en cuadratura moduladas en amplitud. Con eso al colocar 4 bits dentro de un tronco de señal y operar con tasas de 2400 bauds, se alcanza tasas de 9600 bps.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 2

El modelo OSI

La primera versión del modelo OSI se desarrolló en 1977, y la más reciente en 1984. OSI es una estructura o arquitectura que especifica las funciones de comunicación que deben emplearse con el fin de enlazar computadoras de diversos fabricantes y establecer las bases para la definición de estándares orientados a ese fin. El propósito es proveer una base común para coordinar el desarrollo de normas que hagan posible la interconexión de sistemas. El hecho de que un sistema sea abierto no quiere decir que se implemente de un modo determinado, que se use una tecnología dada o que se emplee un medio definido de comunicación. Un sistema abierto sólo significa que existe reconocimiento y apoyo a las normas aplicables.

El propósito del modelo OSI no es definir en forma detallada los servicios y protocolos que se deben prestar en cada capa del modelo, sino, más bien, proporcionar una arquitectura funcional y conceptual que permita a grupos internacionales de expertos trabajar en forma independiente en el desarrollo de estándares para cada capa de modelo.

El modelo OSI, fue diseñado según la filosofía de la programación estructurada, en el cual se diseña un sistema de información dividiendo el trabajo global en funciones, módulos o capas más pequeñas, que son más simples de diseñar y más fáciles de controlar. Cada capa o módulo tiene una función específica, y cuando necesita llevar a cabo una función, utiliza los servicios de la capa o módulo inferior. Cuando este módulo termina su función, pasa el control y los datos a la capa superior. Si el programador nota una falla en el programa de un módulo, hace las correcciones necesarias sin preocuparse de que la corrección afecte a un módulo independiente. Si eventualmente hay una mejora, como por ejemplo un algoritmo que realiza más rápido y eficientemente la tarea de un módulo, el programador podrá incorporarla sin afectar los otros módulos. Tales son las facilidades y ventajas de la programación estructurada.

Para el desarrollo de la estructura del modelo OSI se siguió esa misma filosofía: dividir las funciones necesarias de una red de computadoras en niveles o capas específicas. Cada capa realiza su propio trabajo, sin considerar el desarrollado internamente en las otras capas.

La función de cada capa o nivel en un computador es un protocolo de reglas y convenciones para comunicarse con una capa lógicamente igual y similar de un computador remoto. De este modo, cada nivel opera de acuerdo con el protocolo definido, intercambiando mensajes tanto de información como de control con el nivel de la misma jerarquía del sistema remoto

El modelo OSI divide las funciones de una red de computadores en las siete capas que se ilustran en la figura 2 1

Cada capa se comunica con su igual (*peer*) en otro sistema remoto por medio de un protocolo. Sin embargo, la comunicación tiene lugar realmente usando los servicios de la capa inferior. La comunicación entre la capa n y la capa $n - 1$ se conoce como una interface. Así, cada capa presta servicios a la capa inmediatamente superior y usa los servicios de la capa inmediatamente inferior. La información fluye en forma lógica, horizontalmente, con protocolos y en forma real verticalmente sobre interfaces. Un protocolo siempre conecta dos entidades al mismo nivel, es decir, la capa n de una entidad con la capa n de otra, mientras que una interface acopla capas de una misma entidad, por ejemplo, la capa n con la capa $n - 1$.

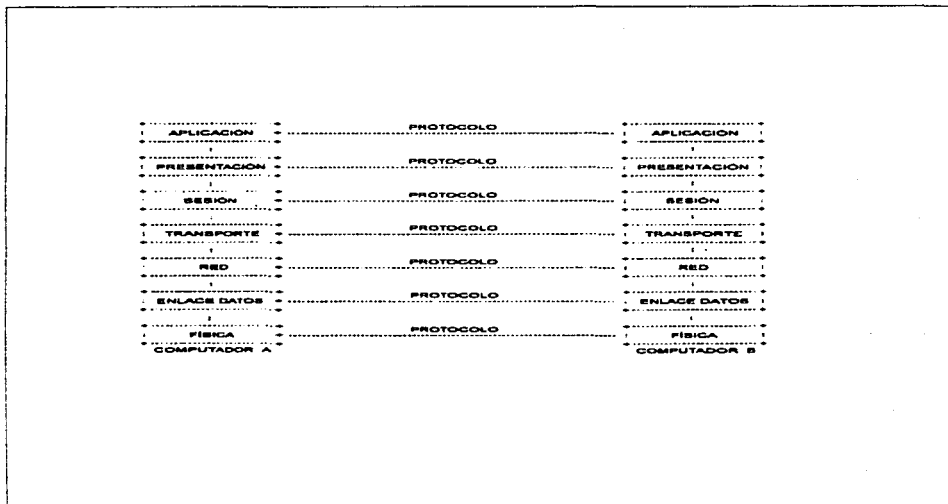


Figura 2.1 Modelo OSI

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La compatibilidad en la conexión significa que pueden conectarse equipos de compañías diferentes sin causar daños eléctricos y con detección apropiada de errores. Esta es la función de las capas 1 y 2. La compatibilidad en la operación significa que los componentes de la red pueden cooperar para realizar adecuadamente su trabajo. Esta es la tarea de las capas 3 a la 7.

En general cada capa en la jerarquía del modelo OSI se puede conceptuar como un programa o proceso en una máquina que se comunica con el proceso correspondiente en otra máquina, y las leyes que rigen la conversación en la capa *n* constituyen el protocolo de esa capa. Un protocolo tiene los siguientes elementos claves:

- Sintaxis: Comprende el formateo de los datos y los niveles eléctricos de las señales.
- Semántica: Incluye información de control para la coordinación y manejo de errores.
- Base de tiempo: Incluye sincronización del receptor y el transmisor para la detección adecuada de bits "1" y bits "0". También comprende el acoplamiento de velocidades y la secuencia de paquetes de datos.

Como ya se mencionó, en realidad los datos no son transmitidos horizontalmente de máquina a máquina en una capa, sino verticalmente hacia abajo en la máquina transmisora y verticalmente hacia arriba en la máquina receptora, como lo muestra la figura 2.2. Sólo en la capa 1 ocurre comunicación real entre máquinas, por ejemplo, cuando un programa de aplicación corriendo en la capa 7 en el computador A desea enviar un mensaje a la aplicación en la capa 7 del computador B, ocurre lo siguiente:

- a) Pasa el mensaje hacia abajo a la capa de presentación de su propio computador.
- b) La capa de presentación transforma el mensaje agregando un encabezado con información de control usado por el protocolo de esa capa y pasa el mensaje resultante a la capa de sesión.
- c) La capa de sesión agrega su propio encabezado y pasa el nuevo mensaje a la capa de transporte.

Este mecanismo de operación continúa para las otras capas, como se ilustra en la figura 2.2

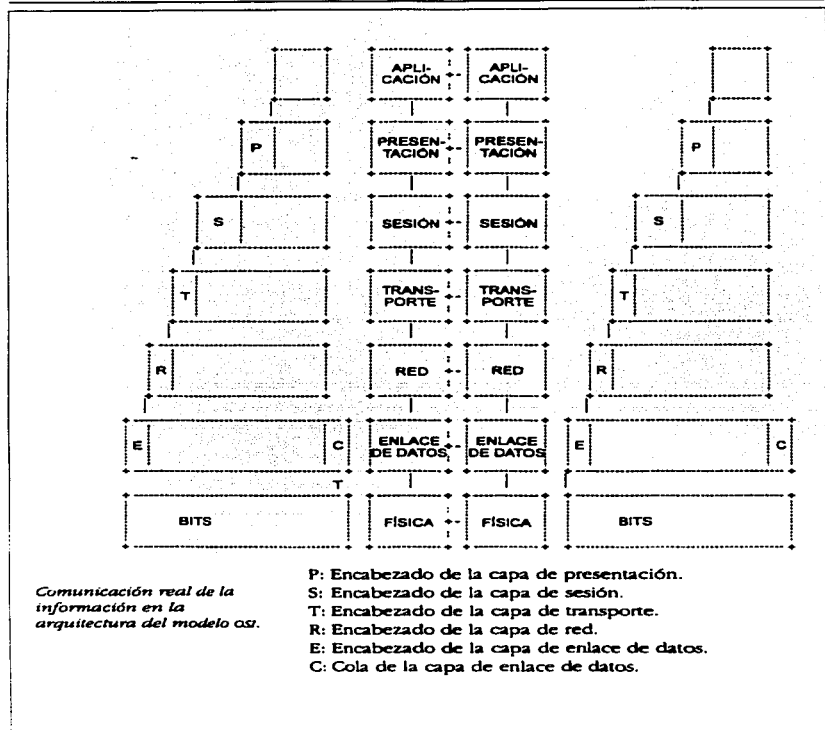
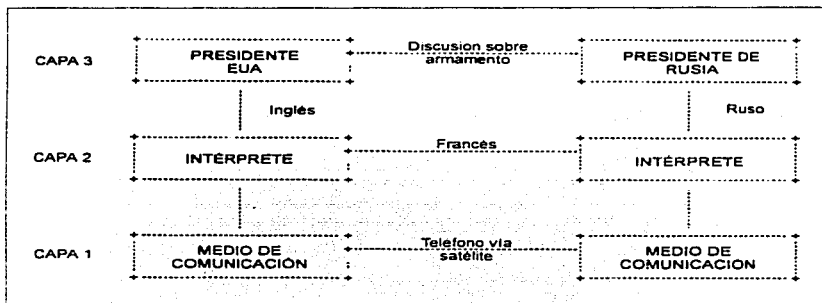


Figura 2.2 Comunicación real de la Información

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

La frontera entre capas adyacentes es la interface, ya que ninguna capa posee información del formato de encabezado o protocolo usado por otras capas. Por ejemplo, a la capa K en la máquina transmisora no le interesa conocer el significado de los bits que vienen de la capa K + 1; su trabajo se reduce a poner esa secuencia de bits en la máquina receptora, utilizando para ello los servicios de la capa K - 1.

El uso de capas en los protocolos de comunicación se puede ilustrar con un ejemplo que involucra la comunicación remota entre el presidente de los EUA y el presidente de Rusia, con intérpretes y servicios de comunicación vía satélite. El esquema de operación se muestra en la figura 2.3.



TESIS CON
FOLIA DE ORIGEN

Figura 2.3 Comunicación entre capas

En ese ejemplo se puede visualizar que:

- Cada presidente piensa que su comunicación es horizontal con su contraparte, aunque en realidad es vertical con su intérprete.
- La comunicación real es vertical, no horizontal, excepto en la capa 1.
- Los tres protocolos son completamente independientes, por ejemplo:
 - Los presidentes pueden cambiar de conversación sin que afecte a los intérpretes o al medio de enlace.
 - Los intérpretes pueden usar lenguaje, por ejemplo español en lugar de francés, sin que afecte a la capa 1 o 3.
 - Los ingenieros de comunicaciones pueden cambiar el medio de enlace satelital a cable submarino de fibra óptica sin que los intérpretes o presidentes lo noten.

El factor independencia es de vital interés en el diseño de redes. Se pretende que los cambios en una capa no afecten a las otras. De este modo, las modificaciones de diseño originados por factores tecnológicos en una capa no deben de afectar las funciones de otras capas.

Funciones comunes a todas las capas

Antes de discutir las actividades que se realizan en cada capa, es necesario mencionar algunas funciones que en general se aplican en todas ellas.

a) ENCAPSULADO:

Para una capa n , el mensaje que recibe de la capa superior ($n + 1$) es sólo una secuencia de bits de datos. Ella agrega un encabezado a este mensaje y lo pasa a la capa $n - 1$. Para la capa $n - 1$, lo que recibe de la capa n son datos y ella agrega su propio encabezado. Esta es la función de encapsulado.

b) SEGMENTACIÓN:

Una capa n puede segmentar el mensaje que recibe de la capa $n + 1$ con el fin de satisfacer sus propios requerimientos. Por ejemplo: la capa de red puede segmentar un mensaje de 2000 bytes que recibe de la capa de transporte en cuatro paquetes de 500 bytes cada uno, porque el sistema de comunicación utilizado sólo maneja unidades de 500 bytes.

c) ESTABLECIMIENTO DE LA CONEXIÓN:

Una capa n puede proporcionar los tipos de servicios siguientes a la capa $n + 1$:

i) Servicio sin conexión.

ii) Servicio orientado a conexión.

A continuación, se analiza cada uno de éstos:

i) Servicio sin conexión.

En un sistema sin conexión la capa n ofrece a la capa $n + 1$ las dos funciones siguientes:

(1) Acepta paquetes de la capa $n + 1$ para transmisión.

(2) Entrega paquetes recibidos a la capa $n + 1$.

Este servicio se asemeja al sistema postal: si se quiere transmitir un paquete de datos simplemente se pone en un sobre, se apunta la dirección de origen y la de destino y se envía. Si no se otorga confiabilidad, es decir, si la capa n transmite los datos pero no garantiza su entrega, entonces al servicio se le denomina datagrama.

ii) Servicio orientado a conexión.

Un servicio orientado a conexión es similar al sistema telefónico en el sentido de que, antes de llevar a cabo la transferencia de datos, es necesario establecer una conexión. El servicio comprende las siguientes fases.

(1) Establecimiento de la conexión. En el sistema telefónico un abonado A que quiere comunicarse con un abonado B marca el número telefónico de B. El abonado B oye el sonido de timbrado y descuelga el microteléfono.

(2) Usa la conexión, es decir, transmite los datos. En el caso del sistema telefónico, los abonados A y B hablan uno al otro y viceversa.

(3) Termina la conexión. En el sistema telefónico, los abonados A y B terminan de hablar y cuelgan, liberando el canal que ocupaban.

En lo concerniente al grado de confiabilidad del servicio, éste puede considerarse confiable cuando se requiere que el receptor remita un mensaje de reconocimiento de cada mensaje recibido. Cuando no se garantiza la entrega del mensaje (servicio de datagrama), no se requiere que el receptor envíe al transmisor un mensaje de reconocimiento por cada mensaje recibido.

d) **CONTROL DE FLUJO:**

Es una función desarrollada por una entidad en una capa *n* (computador B), para limitar el régimen de datos que recibe de la entidad correspondiente en el computador A. Esto se hace necesario para que la entidad del computador A no sature el *buffer* de la entidad correspondiente en el computador B.

e) **CONTROL DE ERROR:**

Con esta función la entidad en el computador B puede determinar si ha habido o no error en la secuencia de datos recibidos de su entidad correspondiente en el computador A.

Funciones de las capas del modelo OSI

Enseguida se resumen las funciones realizadas en cada una de las siete capas del modelo OSI, y en los capítulos siguientes se presenta un análisis más detallado:

Capa física

En esta capa se especifican los requerimientos eléctricos, mecánicos y de procedimientos para activar, mantener y desactivar el enlace físico por medio de un canal de comunicación y transmitir los datos a través de ese medio. A continuación se incluyen ejemplos de requerimientos de cada tipo:

Requerimientos eléctricos:

- Niveles de voltaje para representar los bits
- Base de tiempo para las señales
- Duración de cada pulso
- Impedancia

Requerimientos mecánicos:

- Tipos de conectores (RS232-C, RS449, etc.)
- Forma de los conectores
- Conexión mecánica al medio (fibra óptica, cable coaxial, par de hilos)

Requerimientos de procedimientos:

- Transmisión síncrona o asíncrona
- Transmisión *full duplex* o *half duplex*
- Uso de cada pin en un conector
- Códigos de línea

La unidad de transmisión en la capa física es el bit; para ella, la trama que recibe de la capa de enlace de datos sólo es una secuencia de bits. La capa física opera punto a punto, es decir, sirve a la capa de enlace de datos como un vínculo para transportar una secuencia de bits de un nodo a otro.

Capa de enlace de datos

Esta capa ofrece a la red el servicio de una conexión confiable entre nodos adyacentes, aún cuando el canal físico sea ruidoso. Con este fin, realiza específicamente las siguientes funciones:

- Organiza los datos (paquetes) que recibe de la capa superior (la capa de red) en tramas.
- Agrega información redundante a la trama para permitir al receptor detectar si hubo error en la comunicación.
- Regula el tráfico usando *buffers*, para que un transmisor rápido no sature a un receptor lento.
- Agrega banderas para indicar comienzo y fin de mensajes.
- Provee métodos para que las estaciones conectadas accedan el canal de comunicación, como en el caso de redes locales.
- Asignan un número de folio a cada mensaje que transmite.
- Empaqueta los bits que recibe de la capa física en tramas.
- Asegura que los dos computadores que se comunican estén sincronizados.
- Provee esquemas de direccionamiento entre múltiples nodos.

En la capa de enlace de datos la unidad de transmisión es la trama. Esta capa opera punto a punto y presta servicios sin conexión y orientados a conexión a la capa de red; de hecho, las capas dos, tres, cuatro y cinco ofrecen servicios con conexión, sin conexión o ambos.

Capa de red

Esta capa establece una trayectoria física y lógica entre dos nodos que se comunican, encauza los mensajes a través de nodos intermedios a su destino y controla el flujo de mensajes entre nodos. Con este propósito, en ella operan las siguientes funciones:

- Establece rutas de un nodo fuente a un nodo destino para transmitir los paquetes.
- Dirige los nodos intermedios en la ruta que siguen los paquetes.
- Ensambla los mensajes que recibe de la capa de transporte en paquetes y los desensambla en el otro extremo.
- Realiza control de flujo y control de error.
- Reconoce prioridad en los mensajes y los envía con la prioridad establecida.
- Ofrece servicios de interconectividad para enlazar redes por medio de ruteadores.

En la capa de red, la unidad de transmisión es el paquete.

Capa de transporte

Esta capa actúa como una interface entre las tres capas inferiores orientadas a comunicaciones (capas de interconectividad) y las tres capas superiores orientadas a computación (capas de interoperatividad). La capa de transporte ofrece a la capa de sesión un servicio de transferencia de mensajes confiables, ocultándole los detalles de operación de las capas de comunicaciones. Con este fin, esta capa provee a la de sesión los servicios siguientes:

- Asegura integridad de los mensajes.
- Control de flujo y control de error.
- Poleo o sondeo de los mensajes.
- Mapea direcciones a nombres, de modo que un usuario mantenga el mismo nombre en toda la red.
- Multiplexa conexiones de transporte a conexiones de red.

Capa de sesión

Esta capa ofrece a la de transporte el servicio de establecimiento, mantenimiento y terminación de una sesión entre un proceso corriendo en un computador A y un proceso corriendo en un computador B. Las funciones que realiza son las siguientes:

- Controla el diálogo entre procesos: quién transmite, cuándo, cuánto tiempo, si se realiza por enlace *half o full duplex*.
- Sincronización. Restablece la comunicación si ocurre una ruptura del enlace sin perder datos.
- Transmite la información del usuario (capa de presentación) en una forma ordenada.

Capa de presentación

Esta capa proporciona a la de aplicación mecanismos para traducir los formatos de datos del transmisor de modo que sean adecuados para el receptor. Es decir, la capa de presentación maneja la información para que sea desplegada físicamente en la forma correcta para el receptor. De este modo asegura la solución de cualquier problema de sintaxis en el proceso de aplicación. La capa de presentación realiza las funciones que siguen:

- Compresión de datos (para usar más eficientemente el canal de comunicación).
- Encripción de datos (para proporcionar seguridad en la transmisión)
- Transformación sintáctica del conjunto de caracteres (por ejemplo, conversión de código EBCDIC a ASCII), formato de *display* de datos, organización de archivos, etc.

Capa de aplicación

Esta capa provee los siguientes servicios al usuario, es decir, al programa de aplicación:

- Transferencia, administración y acceso de archivos
- Correo electrónico
- Emulación de terminales de computadores
- Servicios de directorio

Servicio de primitivas

Los servicios al usuario proporcionados por una capa de OSI a la capa superior, se especifican formalmente por un conjunto de primitivas disponible para que un usuario tenga acceso al servicio. En el modelo OSI las primitivas de servicio se dividen en las cuatro clases siguientes:

Requerimiento:	Una entidad desea que la capa realice algún trabajo.
Indicación:	Una entidad es informada acerca de un evento.
Respuesta:	Una entidad desea responder a un evento.
Confirmación:	Una entidad es informada acerca de su requerimiento.

Los servicios asociados con una capa pueden ser de dos tipos: confirmados y no confirmados. En los servicios confirmados hay primitivas de:

- Requerimiento
- Indicación
- Respuesta
- Confirmación

En los servicios no confirmados sólo hay primitivas de:

- Requerimiento
- Indicación

En la figura 2.4 se ilustran las primitivas de un servicio confirmado, tal como el establecimiento de una conexión.

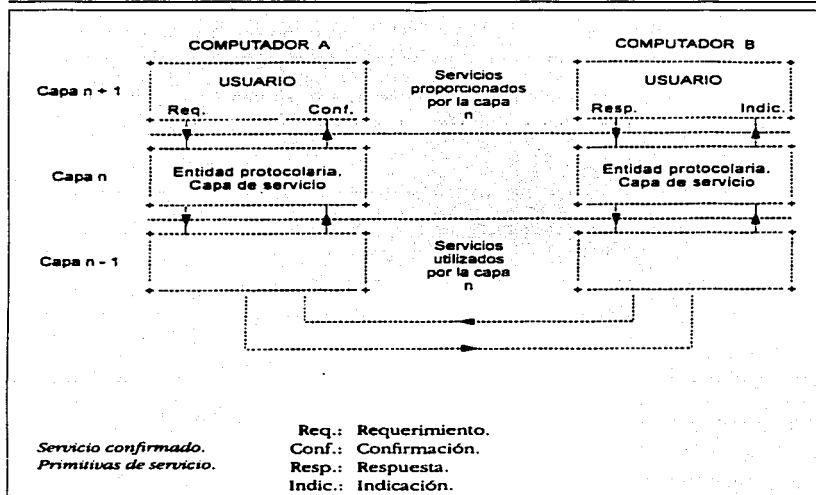


Figura 2.4 Servicio Confirmado

Como lo ilustra la figura 2.4, cuando el usuario en la capa $n + 1$ del computador A desea establecer una comunicación con el usuario de su capa igual ($n + 1$) en el computador B, tiene lugar la secuencia de operaciones primitivas siguientes:

- i. El usuario en la capa $n + 1$ (computador A) manda a la capa n un requerimiento para establecer la conexión. La entidad protocolaria en la capa n genera una entidad de datos de protocolo, o PDU (Protocol Data Unit), que es transmitida a la entidad protocolaria equivalente en el computador B. Para eso usa los servicios de la capa $n - 1$, lo cual significa: "deseo un enlace".
- ii. Cuando la entidad protocolaria equivalente n en el computador B recibe el PDU, crea una primitiva de Indicación y la pasa al usuario equivalente de la capa $n + 1$. Esto indica al usuario: "quierien enlazarse contigo".
- iii. El usuario equivalente en la capa $n + 1$ del computador B emite una primitiva de Respuesta y la pasa a la capa n . Esto significa: "acepto el enlace". La entidad protocolaria de la capa n (computador B) genera un PDU y lo envía a su igual en el computador A, usando los servicios de la capa $n - 1$.

- iv. Cuando la capa n (computador A) recibe el RDU, crea una primitiva de Confirmación que significa: "el enlace está listo", y lo pasa al usuario en la capa $n + 1$ (computador A).

Diferencia entre servicio y protocolo

No debe confundirse el servicio con el protocolo. El servicio es un conjunto de primitivas (operaciones) que una capa n ofrece a la capa inmediatamente superior (capa $n - 1$), mientras que el protocolo es el conjunto de reglas que rigen la sintaxis (formato de los datos y niveles de las señales), la semántica (significado de los mensajes y control de errores) y la base de tiempo (velocidad y secuencia) de los mensajes, que son intercambiados por dos entidades iguales en las capas correspondientes de los computadores.

La entidad de una capa usa protocolos para aplicar la definición de sus servicios y es libre de cambiar sus protocolos siempre que no cambie el servicio visible para sus usuarios. El servicio define las operaciones que puede desarrollar una capa en nombre de sus usuarios, pero no establece nada acerca de la aplicación de esas operaciones; eso se deja a las compañías fabricantes, cada una de las cuales puede realizar su propio diseño.

Servicios confirmados y no confirmados

A continuación se ejemplifican los servicios de conexión, transferencia de datos y desconexión. El servicio de conexión (CONEXION), es siempre un servicio confirmado debido a que el usuario remoto debe estar de acuerdo en establecer una conexión.

La transferencia de datos (DATOS) puede ser un servicio confirmado o no dependiendo de si el servicio es confiable (reconocimiento requerido por cada mensaje transmitido al receptor) o no confiable (no se requiere reconocimiento).

El servicio de desconexión (DESCONEXION) es un servicio no confirmado, ya que el usuario en la capa n (computador A) simplemente comunica al usuario correspondiente en la capa n del computador B que termina la conexión.

Para un servicio orientado a conexión, las ocho primitivas de servicios se relacionan enseguida:

- 1 CONEXION, REQUERIMIENTO:
Requerimiento para establecer una conexión.
- 2 CONEXION, INDICACION:
Señalización, a la entidad llamada, de un requerimiento de conexión.
- 3 CONEXION, RESPUESTA:
Se usa por la entidad llamada para aceptar o rechazar la llamada.
- 4 CONEXION, CONFIRMACION:
Notifica al usuario llamador si la llamada fue aceptada.
- 5 DATOS, REQUERIMIENTOS:
Requerimiento para enviar datos.
- 6 DATOS, INDICACION:
Señala a la entidad receptora el arribo de datos.
- 7 DESCONECION, REQUERIMIENTOS

Requerimiento para liberar la conexión.

8. DESCONEJÓN, INDICACIÓN:

Señala a la entidad correspondiente, en el otro computador, que hay un requerimiento de desconexión.

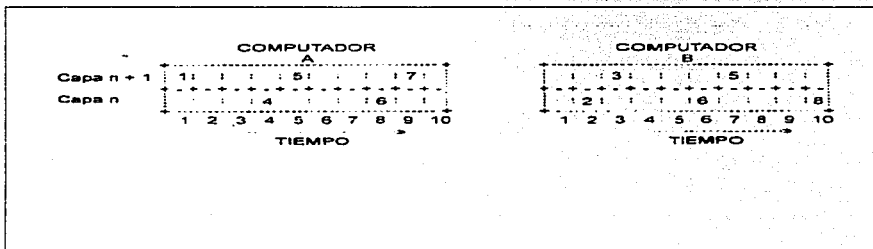


Figura 2.5 Secuencia de Primitivas

La figura 2.5 ilustra la secuencia de primitivas para los ocho servicios señalados. El número dentro de los cuadros de la figura indica el tipo de primitiva. Por ejemplo, 1 significa: CONEXIÓN, REQUERIMIENTO, 2: CONEXIÓN, INDICACIÓN, etc.

Asociado con cada primitiva hay un conjunto definido de parámetros. Por ejemplo, los parámetros para la primitiva CONEXIÓN, REQUERIMIENTO, pueden especificar lo siguiente:

- Dirección de la entidad que llama
- Dirección de la entidad llamada
- Tipo de servicio deseado (tipo de primitiva)
- Tamaño máximo del mensaje que será transmitido en la conexión

Y, para CONEXIÓN, INDICACIÓN, las primitivas pueden incluir lo siguiente:

- Dirección de la entidad que llama
- Tipo de servicio deseado
- Tamaño máximo del mensaje que se propone transmitir

El significado de estos parámetros se estudia más adelante, cuando se analizan algunos casos concretos de protocolos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Protocolos de la capa de enlace de datos

Introducción

Un protocolo es un conjunto de reglas que se acuerdan entre dos computadoras para realizar lo siguiente:

- Establecer una comunicación
- Identificar las estaciones transmisora y receptora
- Transmitir el mensaje
- Asegurar la integridad del mensaje
- Transmitir caracteres de control
- Diferenciar entre caracteres de control y de datos
- Terminar la comunicación

Los protocolos de la capa de enlace de datos dividen la secuencia de bits en estructuras llamadas tramas (*frames*).

Estos protocolos son de dos tipos:

- a) Orientados a bytes
- b) Orientados a bits

Enseguida se hace referencia a cada uno de ellos.

Protocolos orientados a bytes

En estos protocolos cada trama se inicia con caracteres especiales, como SYN y SOH, y se termina con caracteres como EOT. La mayoría de estos protocolos operan en modo half duplex, con técnica de control de para y espera (*stop and wait*), y requieren *software* sofisticado para diferenciar el mensaje informativo de los caracteres de control de *overhead*. El protocolo más conocido de este tipo es el desarrollado por IBM y conocido como Control Binario Sincrono (*Binary Synchronous Control*), más brevemente enunciado como BSC o Bisync, que se usa para la transmisión de datos entre terminales inteligentes y un computador central.

Los caracteres de control de transmisión del código ASCII que se emplean en este código para desarrollar funciones de manejo del enlace y de sincronización se listan a continuación:

SOH: *Start of Heading*. Indica el comienzo del encabezado en una trama de información.

STX: *Start of Text*. Se usa para indicar el fin del encabezado y el comienzo de texto del mensaje.

ETX: *End of Text*. Indica el fin del texto del mensaje.

EOT: *End of Transmission*. Indica el fin de la transmisión.

ACK: *Acknowledge*. Reconocimiento positivo del receptor a un mensaje enviado por el transmisor.

NACK: *Negative Acknowledge*. Reconocimiento negativo enviado por el receptor a un mensaje del transmisor.

ETB: *End of Transmission Block*. Se usa para indicar el fin de un bloque de datos, cuando un mensaje se divide en varios bloques o tramas.

DLE: *Data Link Escape*. Se usa para cambiar el significado de otros caracteres de control.

SYN: *Synchronous*. Se usa para permitir al receptor la sincronización de caracteres en un esquema de comunicación síncrona.

El formato de la trama en el protocolo BSC es el siguiente.

Secuencia de sincronización

SOH

Información de encabezado

STX

Datos

ETX

Secuencia de bits para detección de errores.

La secuencia de sincronización consta de dos o más caracteres SYN, cuya función es sincronizar la base de tiempo o reloj de la máquina receptora para que tome muestras de la señal recibida en sincronía con la señal transmitida; así, es posible tomar decisiones correctas sobre si el pulso recibido es un bit "1" o un bit "0", como se muestra en la figura 2.6

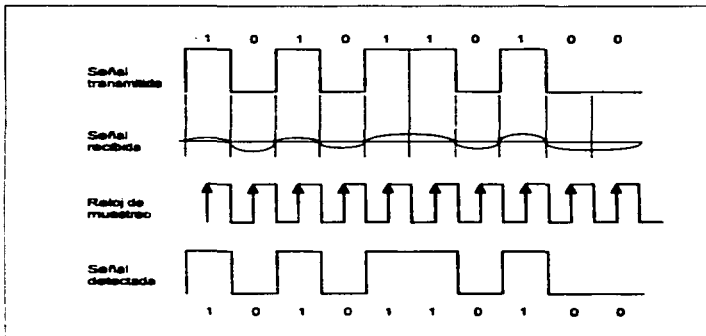


Figura 2.6 Señales de sincronización

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El carácter SOH indica al receptor el comienzo de información del encabezado (si lo hay) en la trama de información.

El encabezado puede contener información como:

- Prioridad del mensaje
- Dirección de la estación

El inicio de los datos es señalado al receptor con el carácter STX. El carácter ETX indica el fin del texto del mensaje de datos. Finalmente se transmite una secuencia de dos o más caracteres llamados en conjunto RCR (*Cyclic Redundancy Check*), los cuales se generan a partir de la trama mediante un algoritmo de verificación polinomial cuyo propósito es permitir al receptor detectar si ha habido error en la comunicación.

Si el mensaje que se va a transmitir no cabe en el buffer del transmisor o del receptor, se divide en varios bloques de tamaño igual o menor al buffer y se envían varios bloques. En este caso el formato de las tramas es el siguiente:

Primer bloque o trama

SYN	SYN	SOH	ENCABEZADO	STX	TEXTO	ETB	CRC
-----	-----	-----	------------	-----	-------	-----	-----

Segundo bloque o trama

SYN	SYN	SOH	ENCABEZADO	STX	TEXTO	ETB	CRC
-----	-----	-----	------------	-----	-------	-----	-----

Ultimo bloque o trama

SYN	SYN	SOH	ENCABEZADO	STX	TEXTO	ETX	CRC
-----	-----	-----	------------	-----	-------	-----	-----

El carácter ETB (*End of Transmission Block: 0010111 en ASCII*) indica el fin del bloque transmitido.

En los casos donde el mensaje de datos transmitido no es una secuencia de caracteres sino un archivo binario, puede ocurrir que una secuencia de bits sea detectada como fin del mensaje. Para evitar esto y hacer transparente el protocolo BSC al tipo de archivos transmitidos, se usa el carácter DLE asociado con los caracteres STX y ETX; así, se indica el comienzo y el fin del mensaje, respectivamente. En este caso el formato es el siguiente:

SYN
SYN
SOH
Información de encabezado
DLE
STX
DATOS
DLE
ETX
CRC

Para evitar la terminación anormal de una trama si los datos contienen una secuencia de bits que formen un carácter DLE, el transmisor inserta un segundo carácter DLE en la secuencia de datos transmitidos siempre que detecta un carácter DLE en el mensaje. Esto se llama relleno de bytes o de caracteres. Cuando el receptor recibe un carácter DLE seguido por otro carácter DLE, descarta el segundo DLE y solamente interpreta el fin del mensaje de datos por una secuencia única del carácter DLE seguido por un ETX.

SYN
SYN
SOH
Información de encabezado
DLE Secuencia de comienzo de la trama
STX
DATOS
DLE DLE formado en los datos
DLE Carácter DLE insertado
DATOS
DLE Secuencia de fin de la trama
ETX
CRC

Redes locales

Introducción

Las operaciones necesarias para el trabajo de una red local, también conocida como LAN (*Local Area Network*), corresponden a las capas 1 y 2 del modelo OSI.

Las funciones para el establecimiento, mantenimiento y desactivación de un enlace físico para transferir la secuencia de bits de una estación a otra se llevan a cabo en la capa física, mientras que en la capa de enlace de datos se realizan las funciones de:

Encapsulado: Organización de los paquetes en tramas.

Encauzamiento: Indicación de origen y destino de las tramas.

Secuencia: Etiquetación de cada trama con un número de folio.

Control de flujo: Mecanismo para evitar que el transmisor sature al receptor con tramas de información.

Control de error: Instalación de protocolos para la detección de errores que pueden ocurrir en la transmisión.

Codificación/Representación de la secuencia de bits decodificación con señales eléctricas transmitidas en el de señales: Canal de comunicación.

Sincronización: Generación y remoción de secuencias de bits para sincronización entre las dos estaciones que intercambian información.

En una red local, se tiene varias computadoras conectas, pero en ellas no se llevan a cabo todas las funciones de la capa de red, aun cuando se debe asegurar que un mensaje de una computadora fuente sea entregado a otra destinataria. La razón de lo anterior es la siguiente:

- a) En una red local no hay enrutamiento ni switcheo intermedio para llevar el mensaje de una estación a otra.
- b) Algunas funciones de la capa de red se instalan en la capa de enlace de datos.

Con respecto a otro tipo de redes, la capa de enlace de datos en una red local tiene la particularidad de que se debe soportar el acceso a un sistema que tiene múltiples computadoras fuentes y destinos, por lo que es necesario diseñar algunas funciones de la capa de red. Para realizar lo anterior, la capa de enlace de datos se divide en las siguientes subcapas:

- Control de enlace lógico (LLC) (*Logical Link Control*)
- Control de acceso al medio (MAC) (*Medium Access Control*)

La subcapa LLC desarrolla las funciones de:

- Control de flujo de extremo a extremo para regular la transferencia de mensajes entre transmisor y receptor.
- Control de error para garantizar la entrega de un mensaje de la fuente al destino sin error.

La subcapa LLC agrega un encabezado a los datos que recibe del usuario de la capa superior. Este encabezado administra el enlace entre la entidad local LLC y la entidad remota LLC. La combinación de los datos de usuario y el encabezado LLC es denominado unidad de datos del protocolo, PDU, de LLC (PDU: *Protocolo Data Unit*). El PDU preparado por la subcapa LLC de la estación fuente se transmite a su igual en la estación destinataria usando los servicios de la subcapa MAC. Esta subcapa agrega un encabezado y una cola, y a la unidad resultante se le denomina trama. Ver figura 2.7.

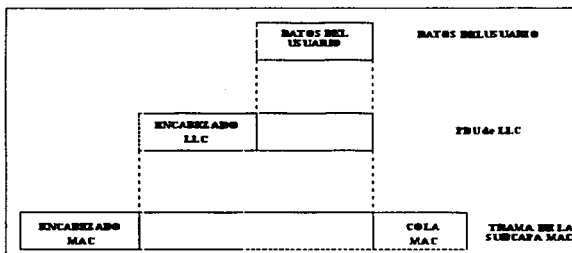


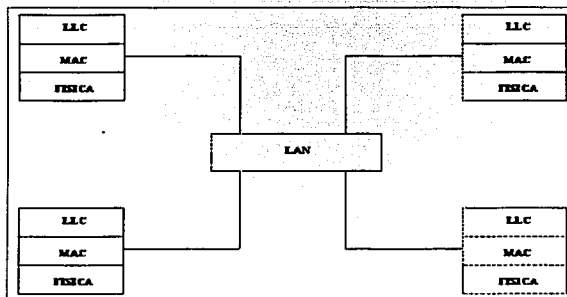
Figura 2.7 Trama y PDU en las sub capas MAC y LLC, respectivamente

En la subcapa MAC se realizan las funciones siguientes:

- Encapsulado de los datos en las tramas de transmisión y desencapsulado en las de recepción.
- Aplicación del algoritmo CRC para detectar errores en la transmisión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La figura 2.8 ilustra la arquitectura de una red LAN con las capas de OSI involucradas. Las capas ilustradas son activadas en la tarjeta de red, también llamada tarjeta NIC, por *Network Interface Card*.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 2.8 Arquitectura de una red local

Para la subcapa LLC de una red local hay las siguientes opciones de subcapa MAC:

- Csmma/CD
- *Token bus*
- *Token ring*
- Fibra óptica

Los servicios proporcionados a los usuarios por la subcapa LLC son:

- a) Servicio en modo de conexión
- b) Servicio sin conexión y sin reconocimiento.
- c) Servicio sin conexión y con reconocimiento

Enseguida se hace referencia a cada uno de ellos.

Servicio en modo de conexión

El esquema consiste en el establecimiento de una conexión lógica entre los usuarios LLC de las computadoras que se enlazan. El servicio comprende las tres fases siguientes:

- a) Establecimiento de la conexión
- b) Transferencia de datos
- c) Terminación de la conexión

Servicio sin conexión y sin reconocimiento

El servicio sin conexión y sin reconocimiento no garantiza que los datos que envía un usuario LLC local serán entregados al usuario LLC remoto, ni tampoco informa al usuario LLC local si los datos fueron entregados. Este tipo de servicio es útil cuando las capas más altas del modelo OSI proporcionan los servicios de control de error y de entrega ordenadas de los datos, o bien cuando la aplicación es tal que no es necesario garantizar la entrega de los mensajes; tal es el caso de un sistema de telemetría, donde se recopilan datos de sensores para los cuales la pérdida ocasional de una unidad de datos no es grave.

Servicio sin conexión y con reconocimiento

Este servicio provee un reconocimiento a cada unidad de datos transmitidos, un ejemplo de la aplicación de este servicio es un sistema de control de alarmas, en el cual se envía una señal y es importante estar seguro de que se recibió. Sin embargo, el factor tiempo es tan crítico que no se puede emplear en el establecimiento de una conexión, como ocurriría con un servicio orientado a conexión.

Subcapa MAC de redes LAN

La subcapa MAC en redes locales se instala en la tarjeta NIC que se inserta en la PC para conectarla a una LAN. El tipo de tarjeta NIC determina lo siguiente:

- a) El método usado para enviar y recibir datos
- b) La velocidad de transmisión de datos
- c) El tamaño y forma de las tramas de datos
- d) El método de acceso al medio de transmisión
- e) El tipo de medio de transmisión
- f) La topología de la red

Las tarjetas NIC se construyen con base en estándares desarrollados por organizaciones internacionales como el IEEE.

Los estándares especifican cosas como:

- Estructura de la trama
- Método de acceso al medio
- Fuerza de la señal

- Tipo de cable
- Distancia permitida del cable

El estándar no especifica la interfaz de hardware y/o software a la computadora o al sistema operativo, por lo que hay diferencias en tarjetas NIC que se ajustan a un mismo estándar. Por ejemplo, el tamaño de *buffer* varía de una NIC a otra. Otra diferencia está en si una NIC tiene o no un procesador.

Funciones de una tarjeta NIC

Las funciones de una tarjeta NIC son las siguientes:

1. Establece la comunicación de la PC a la tarjeta NIC
2. Bufferización
3. Formación de tramas
4. Conversión serie-paralelo
5. Codificación/decodificación de línea
6. Acceso al medio de comunicación
7. Establecimiento de parámetros de transmisión
8. Transmisión y recepción

Enseguida se analiza cada una de estas funciones.

Establece la comunicación de la PC a la tarjeta NIC

La comunicación de la PC a la tarjeta NIC comúnmente se realiza con alguno de los métodos siguientes:

- a) Técnica DMA, o acceso directo a la memoria
- b) Técnica de entrada/salida
- c) Técnica de memoria compartida

Direct Memory Access (DMA). El DMA es un procesador independiente que ejecuta un conjunto limitado de comandos; su función es controlar el acceso directo a la memoria. El DMA se instala en un chip que reside en la tarjeta madre de la PC y permite la transferencia directa de datos entre la tarjeta NIC y la memoria sin pasar por el procesador central. Su modo de operación es el siguiente: cuando la tarjeta NIC desea transferir datos a la memoria, envía una señal de solicitud de "uso del ciclo de ejecución" al CPU. El CPU acepta la solicitud respondiendo con una señal de "permiso para uso del ciclo de ejecución", y pone en un registro de dirección en memoria principal la ubicación de hacia o de donde deberán de transferirse los datos. Un registro contador del DMA indica la cantidad de bytes que serán transferidos. Cuando el DMA termina la transferencia de los datos, es decir cuando el registro contador llega a cero, manda una señal de interrupción al CPU indicando el fin de la operación.

Técnica de entrada/salida (ES). El modo más simple en que el CPU se comunica con la tarjeta NIC es con el método de mapeo de memoria. En esta técnica parte del espacio de dirección de memoria de la PC se asigna a la tarjeta NIC en lugar de hacerlo a la memoria real. Esta forma de comunicación entre la tarjeta NIC y el CPU de la PC es muy rápida, pero tiene la desventaja de que usa direcciones que podrían asignarse a la memoria ordinaria.

Memoria compartida. En esta técnica, la tarjeta NIC usa la misma memoria que el CPU, por lo que no se requiere transferencia de los datos de la tarjeta NIC a la memoria del CPU, ni se necesita memoria de *buffer* en la NIC, ya que este *buffer* reside en la memoria principal.

Buferrización

Cuando la tarjeta NIC recibe datos de la LAN, los almacena temporalmente en una memoria llamada de *buffer* antes de pasarlos a la memoria principal del CPU de la PC. Este almacenamiento temporal es necesario porque los datos pueden llegar a una velocidad más rápida que aquella con la cual la NIC puede procesarlos, para,

- a) Cambiar los datos de serie a paralelo
- b) Desempaquetarlos
- c) Transferirlos al destino

Formación de tramas

Los datos que la tarjeta NIC recibe de la aplicación en la PC son encapsulados en un paquete llamado trama. Para ello se pone un encabezado y una cola como se indica enseguida:

ENCABEZADO	DATOS	CRC
------------	-------	-----

El encabezado incluye la dirección fuente y la dirección destino, mientras que la cola contiene una secuencia de datos para que el receptor pueda detectar errores en la comunicación.

Conversión serie/paralelo

La tarjeta NIC recibe datos de la PC en modo paralelo, es decir, 8, 16 o 32 bits a un tiempo, según el tamaño del bus, y los transfiere al medio de comunicación de la LAN en modo serie, es decir, bit por bit. Por ello es necesario que la NIC haga la conversión de los datos de modo serie a paralelo y viceversa.

Codificación/decodificación de línea

Para transferir los datos sobre el medio de comunicación (par de hilos, cable coaxial, fibra óptica), la tarjeta NIC representa los datos en un código determinado. Entre los códigos comunes están los siguientes:

- a) Manchester para Ethernet
- b) Manchester diferencial para *Token ring*
- c) 4B5B-NRZ/NRZI para FDI

Método de acceso al medio de comunicación

En las redes locales el medio de comunicación es compartido, por lo que sólo una PC transmite a un tiempo dado, lo que hace necesario controlar el acceso al medio. Hay básicamente tres técnicas de acceso, y son las siguientes:

- CSMA/CD
- *Token ring*
- *Token passing*

Establecimiento de parámetros de transmisión

En la fase de establecimiento de una comunicación, la tarjeta NIC fuente envía a la tarjeta NIC destino los parámetros de comunicación que se deben utilizar, como, por ejemplo:

- Tamaño de los *buffers*
- Tamaño de las tramas
- Etc.

Transmisión y recepción de los datos

Todas las funciones anteriores tienen como fin que la tarjeta NIC pueda transferir y recibir datos desde y hacia la LAN.

Tipos de redes LAN

Los tipos comunes de redes LAN de media velocidad (2.5 a 16 Mbps) que hay disponibles son los siguientes:

- a) Ethernet
- b) *Token ring*
- c) Arcnet

Y las redes LAN de alta velocidad (100 – 1000 Mbps) son:

- FDDI
- *Fast Ethernet*
- 100VG-AnyLan
- *Gigabit Ethernet*
- *Fiber Channel*

El Ethernet de media velocidad está desarrollado conforme al estándar IEEE 802.3; el *Token ring* de acuerdo con el estándar 802.5 y el FDDI de acuerdo con el IEEE 802.6. En lo que concierne a Arcnet, su importancia está en el hecho de haber sido una red muy usada en el pasado y seguir el método de acceso de *Token passing*.

Red Ethernet

La red LAN Ethernet actual (estándar IEEE 802.3) se desarrolló a partir de la Ethernet original diseñada en 1980 por Robert Metcalfe, en la compañía Xerox. En 1985, las compañías DEC, Intel y Xerox formaron el subcomité IEEE 802.3, que estableció el estándar del mismo nombre bajo el cual se rige la red LAN mundialmente conocida como Ethernet. Esta red LAN usa el método de acceso CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access: Colisión Detection*), en el cual las PC compiten por el uso del medio de comunicación. En este método, cuando una PC desea transmitir un paquete de datos, verifica el canal para ver si hay una señal portadora. Si la hay, significa que el canal está ocupado y la PC espera antes de verificarlo otra vez. Si la PC no verifica o detecta una portadora, eso significa que el canal está libre y procede a enviar su paquete.

Por la forma de verificar la portadora, el método se llama *Carrier Sense* (sensor de portadora), y como el medio puede ser accesado por múltiples PC, se le agregan las palabras *Multiple Access* (acceso múltiple). Así, el nombre del método es *Carrier Sense Multiple Access* (CSMA).

Con esta técnica existe el problema de que, cuando dos PC desean transmitir un paquete, verifican el canal y no detectan portadora, ambas transmiten su paquete al mismo tiempo y, obviamente, hay colisión de un paquete con otro, como se ilustra en la primera figura de la página siguiente.

Para solucionar este problema Ethernet usa la técnica de detección de la colisión (*Collision Detection: CD*), mediante la cual una PC transmite su paquete tan pronto como ve el canal libre, y luego monitorea la transmisión. Si detecta colisión transmite una señal de alarma alertando a todas las otras PC para que eviten la transmisión de paquetes.

Después de un tiempo aleatorio, la PC intenta otra vez la transmisión, detectando primero si hay portadora y procediendo a transmitir una trama si no la detecta.

Con el método CSMA/CD el acceso a la red es aleatorio, lo cual significa que una PC tiene una probabilidad de acceder a la red en determinado momento, pero ese acceso no está garantizado.

Topología de la red Ethernet

La topología lógica de la red Ethernet es del tipo bus lineal con una longitud máxima de 2.5 km, y una velocidad de transmisión de 10 Mbps sobre un cable de banda base y un máximo de 1024 estaciones de trabajo, o PC, conectadas. De ellas, sólo una transmite a un tiempo dado.

Tipos de redes Ethernet

Hay básicamente tres tipos de redes Ethernet:

- 10BASE-5
- 10BASE-2
- 10BASE-T

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Enseguida se hace referencia a cada uno de ellos.

10Base-5. el medio de comunicación usando en el IEEE 802.3 10BASE-5 es cable coaxial, la velocidad es de 10 Mbps y la longitud máxima del segmento coaxial es de 500 metros, con una velocidad de propagación de $0.77 C$, donde C es la velocidad de la luz en el vacío. Típicamente se usa cable coaxial grueso de 0.4 pulgadas de diámetro con una topología de red como la que se muestra en la figura 2.8

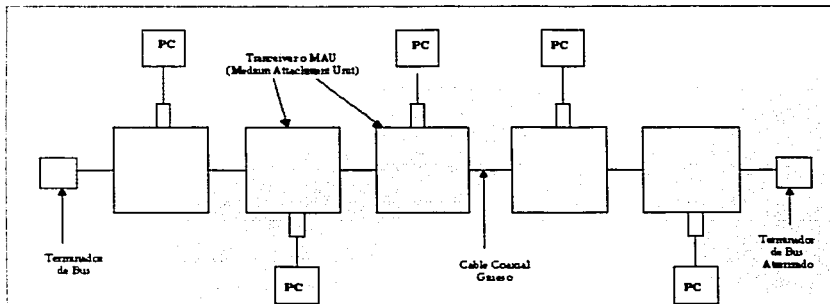


Figura 2.8 Red Ethernet 10 Base 5

La red 10BASE-5 tiene las siguientes características generales:

1. Debe haber un máximo de cinco segmentos, con cuatro repetidores, en una trayectoria entre dos PC. Puesto que la longitud máxima de un segmento es de 500 metros y hay como máximo cinco, la longitud máxima del bus lineal de la red Ethernet puede ser de 2.5 km. La limitación de la distancia máxima se determina por el retardo de propagación de un segmento.
2. El cable coaxial es terminado en cada extremo con una impedancia de 50 ohms, aterrizado en un solo extremo del segmento.
3. Hay un máximo de 100 *transceivers* en cada segmento.
4. Hay un máximo de 50 metros del *transceiver* en el segmento coaxial a su PC conectada.
5. En la trayectoria entre dos PC debe haber un máximo de dos repetidores.
6. De los cinco segmentos indicados en el punto 1, tres pueden ser segmentos coaxiales con un retardo máximo de 2.165 nanosegundos y dos pueden ser segmentos de enlace con un retardo máximo de 2.570 nanosegundos. Cuando no se usan segmentos de enlace puede haber tres segmentos coaxiales en la trayectoria.
7. La distancia mínima entre *transceivers* es de 2.5 metros.

10BASE-2. La red 10BASE-2 usa como medio de comunicación cable coaxial delgado con diámetro de 0.2 pulgadas. Las características generales de esta red se indican a continuación:

1. La longitud máxima del segmento es 185 metros.
2. Hay un máximo de cinco segmentos con cuatro repetidores entre dos PC, tres de los cuales son segmentos de enlace.
3. La terminación del segmento coaxial debe ser en impedancias de 50 ohms, aterrizado en un solo extremo.
4. Puede haber un máximo de 30 PC por segmento coaxial.
5. Las *transceivers* deben ubicarse con una separación mínima de 0.6 metros, y pueden ser internos o externos.
6. El tipo de conector de la PC al segmento coaxial es BNC.
7. Si se usa un *transceiver* externo, la distancia máxima del *transceiver* a su PC conectada es 50 metros.
8. Un esquema general de la topología de la red 10BASE-2 se muestra en la figura 2.9.

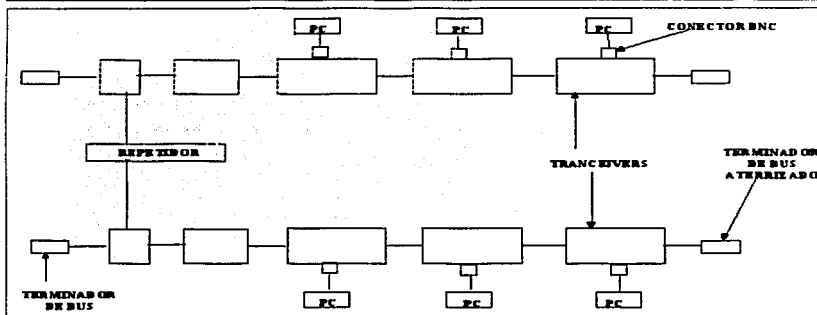


Figura 2.9 Red Ethernet 10 Base-2

10BASE-T. La red Ethernet 10BASE-T es la más común de las redes LAN en el mundo, su popularidad y grado de uso es tal que se dice que es el RS-232 de las redes locales. Su popularidad proviene de las ventajas sobre 10BASE-5 y 10BASE-2. A diferencia de ellas, 10BASE-T no usa cable coaxial como medio de comunicación, sino un par de hilos trenzados. El cable usado por 10BASE-T es similar al empleado en la red telefónica interna de un edificio, y su topología es físicamente una estrella, aunque lógicamente sigue siendo un bus lineal figura 2.10.

Enseguida se describen algunas características generales de la red 10BASE-T:

1. Cada PC se conecta usando dos pares de hilos a un repetidor o concentrador, conocido en inglés como HUB.
2. La distancia máxima del HUB a la PC conectada es 100 metros.
3. El número típico de PC conectadas a un HUB es 12.
4. El tipo de cable usado es categoría III, o el más recientemente desarrollado de categoría V.
5. El máximo número de PC conectadas en una red 10BASE-T es 1023.
6. Se puede interconectar HUB usando un cable de fibra óptica.
7. La limitación de la distancia de la PC al HUB (100 metros) se determina por la velocidad de propagación del cable. Este factor es, típicamente,

- 0.59 C para par trenzado.
- 0.66 C para fibra óptica.
- 0.65 C para cable coaxial delgado (10BASE-2).
- 0.77 C para cable coaxial grueso (10BASE-5)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Otro factor que limita la distancia máxima de la PC al HUB es el tiempo máximo de propagación de la señal para redes CSMA/CD de 10 Mbps. Este tipo es de 51.2 microsegundos (Mseg), según se deduce enseguida.

El paquete más corto permitido en Ethernet es 64 octetos, o sea, 512 bits. Este paquete se transmite en un tiempo de

$$(512 \text{ bits}) / (10000000 \text{ bits/seg}) = 51.2 \text{ Mseg.}$$

Una red CSMA/CD opera propiamente cuando una PC que transmite una trama recibe información acerca de una colisión de la PC más remota en la red antes de que ella cese de transmitir la trama más corta permisible, que es de 64 octetos.

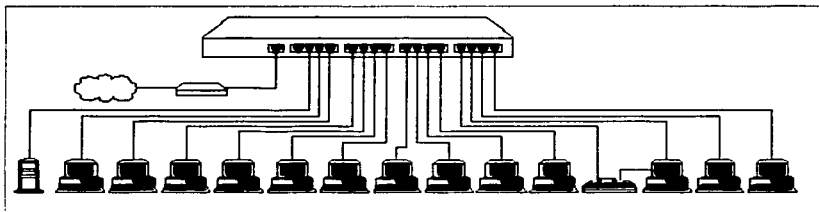


Figura 2.10 Concentrador o HUB

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 3

Introducción a las Comunicaciones Via Satélite

Introducción

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 fue estimado en sólo 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 satélites. Corporaciones más pequeñas y menos lucrativas pudieran desarrollar los sistemas de satélite 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 substancialmente. 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, los cables subterráneos escondidos, radio de microondas en línea de vista, radio de dispersión troposférica, o sistemas de fibra óptica.

Esencialmente, un satélite de comunicaciones es un repetidor de radio en el cielo (transponder). Un sistema de satélite consiste en un transponder, una estación basada en tierra para controlar su funcionamiento y una red de usuario de las estaciones terrestres, que proporciona las facilidades de transmisión y recepción de tráfico de comunicaciones, a través del sistema de satélite. Las transmisiones de satélite se catalogan como bus o carga útil. La de bus incluye mecanismos de control que apoyan la operación de carga útil. La carga útil es la información del usuario que será transportada a través del sistema. Aunque en los últimos años los nuevos servicios de datos radioemisión de televisión son más demandados, la transmisión de las señales de teléfono de voz convencional (en forma analógica o digital), aun son el volumen de la carga útil por satélite.

Cronología del desarrollo de los Satélites

El tipo más sencillo de satélite es el reflector pasivo, un dispositivo que, simplemente "rebota" una señal de un lugar a otro. La luna es un satélite natural de la tierra, y como consecuencia a finales de la década de 1940 y principios de la década de 1950, se convirtió en el primer satélite pasivo.

En 1954 la marina de los Estados Unidos transmitió exitosamente los primeros mensajes sobre esta ruta de la Tierra a la Luna y de nuevo a la Tierra. En 1956 se estableció un servicio de transmisión entre Washington D.C. Hawai y hasta 1962, ofreció comunicaciones confiables de larga distancia. El servicio estaba limitado solo por la disponibilidad de la Luna.

En 1957, la ahora desintegrada Unión Soviética lanza el Spuntnik I el primer satélite terrestre activo. Un satélite activo es capaz de recibir, amplificar y transmitir información desde y hacia las estaciones terrestres. El Spuntnik I transmitió información telemétrica por 21 días. Más adelante en el mismo año Estados Unidos lanzó el Explorer I, el cual transmitió información telemétrica por casi 5 meses.

En 1958 la Nasa lanzó el Score, un satélite con forma cónica de 75 kilogramos de peso. Con una grabación a bordo del Score emitió el mensaje navideño de 1958 del presidente Eisenhower. EL Score fue el primer satélite artificial utilizado para retransmitir las señales de comunicaciones terrestres. El Score fue un satélite repetidor retardado, recibía transmisiones de las estaciones terrestres, las almacenaba en una cinta magnética y las emitía a las estaciones terrestres más adelante en su órbita.

En 1960, la Nasa, en conjunción con Bell Telephone Laboratories y el jet Propulsión Laboratory, lanzaron al satélite Echo u globo de plástico de 30 metros de diámetro con una capa de aluminio. El Echo reflejaba pasivamente las señales de radio desde una antena terrestre grande. El Echo era sencillo y confiable, pero requería de transmisiones de extremadamente alta potencia en las estaciones terrestres. La primera transmisión transatlántica utilizando un satélite fue lograda a través del Echo. Además, en 1960, el departamento de defensa lanzó a Courier. El satélite Courier transmitió 3 W de potencia y duro solo 17 días

EN 1962 AT&T lanzo el Telstar I, el primer satélite que recibía y transmitía simultáneamente. El equipo electrónico, en el TELSAR I, fue dañado por la radiación de los recientemente descubiertos cinturones de Van Allen y, consecuentemente, duró sólo unas cuantas semanas. El Telstar II era electrónicamente, idéntico al Telstar I, pero estaba construido con mayor resistencia a la radiación. El Telstar II fue lanzado exitosamente en el año de 1963. Este satélite fue utilizado para la transmisión de teléfono, televisión, fax y datos. La primera transmisión transatlántica vía satélite fue lograda a través del Telstar II.

Los primeros satélites fueron de tipo pasivo y activo. Nuevamente, un satélite pasivo es el que simplemente refleja una señal de regreso a la tierra; no hay dispositivos de ganancia a bordo, para amplificar o repetir la señal un satélite activo es el que de manera electrónica, repite una señal a la tierra (por ejemplo recibe, amplifica y retransmite la señal).

Una ventaja de los satélites pasivos es que no requieren de equipo electrónico sofisticado a bordo, aunque no necesariamente están sin potencia. Algunos satélites pasivos requieren de un transmisor de guía de radio para propósitos de rastreo y rangos. Una guía es una portadora no modulada transmitiendo continuamente a la cual una estación terrena puede unir y usar para alinear sus antenas o para determinar la ubicación exacta del satélite (se le conoce también como beacon). Una desventaja de los satélites pasivos es el uso ineficiente de la potencia, transmitida. Con el Echo, por ejemplo, sólo una parte en cada 10^{18} de la potencia transmitida de la estación de la tierra fue regresada a la antena de recepción de la estación terrestre.

Terminología de las Comunicaciones Vía Satélite

Enlace Ascendente

La fig. 3.1 muestra enlace ascendente simplificado tierra - satélite. La potencia de transmisión de las estaciones terrestre dado generalmente por los amplificadores de alta potencia como son TWT Y Klystron. El amplificador y la antena de transmisión se localizan en la tierra podemos disponer de potencias de salida del orden de 40 a 60 dBw a frecuencias a la banda K usando un TWTA con cavidad acoplada ó u Klystron. Estos niveles de potencia junto con las ganancias de la antena determinan el EIRP (Potencia efectiva radiada isotrópicamente) para comunicaciones de enlaces ascendentes. El patrón de radiación establece el espaciamiento aceptable entre satélites, lo cual a su vez determina el número de satélites que pueden ponerse simultáneamente en una órbita dada con una cantidad específica de interferencia de comunicación. Una vez que se ha fijado el HPBW (Ancho del haz de media potencia) una frecuencia portadora mayor permitirá estaciones más pequeñas.

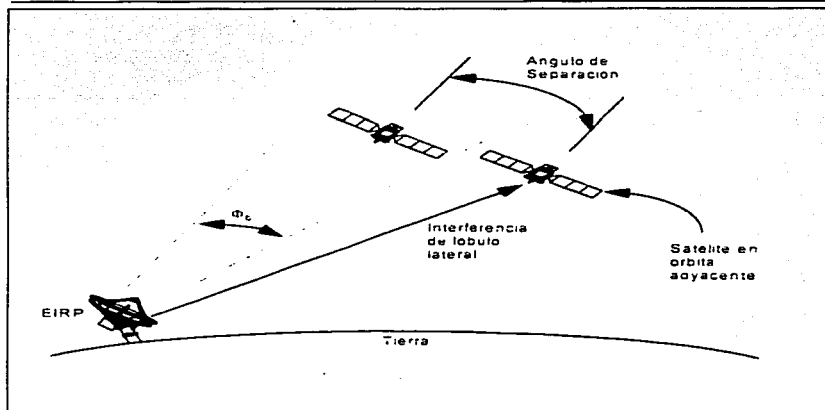


Fig. 3.1 Enlace Satelital Ascendente

Enlace Descendente

Un enlace descendente, tiene la dificultad de que el amplificador de potencia y la antena transmisora se encuentran situadas en el espacio. Esto limita los amplificadores de potencia, la eficiencia, además de que los dispositivos ligeros con los que se cuenta en el satélite están limitados en potencia y son dependientes de la frecuencia de portadora. La antena especial, debe tener patrones de radiación que cumpla con el área de cobertura de la tierra. La ganancia de la antena de enlace descendente está dada por la altitud de la órbita. Usando bandas de frecuencia altas, necesitaremos antenas de un tamaño menor. Las antenas especiales, que proveen de una área de cobertura máxima, se les llama antenas globales el nivel de potencia y la ganancia de la antena, la potencia de portadora recibida en la estación terrena, dependerá únicamente del factor g/T como en el caso ascendente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

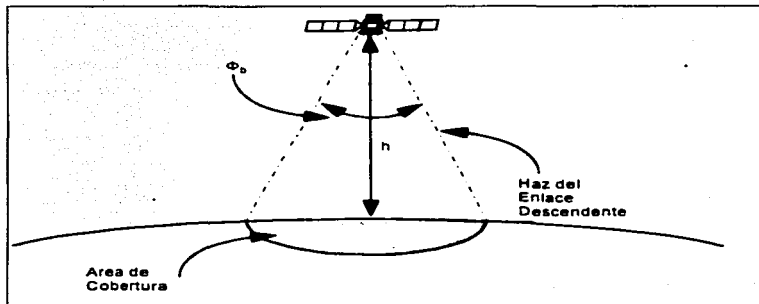


Fig. 3.2 Enlace Satelital Descendente

Enlace Intersatelital

Los sistemas satelitales, también requieren una comunicación entre dos satélites, un enlace de paso, puede establecerse entre dos satélites sincrónicos, satélites de órbita bajo o satélites de espacio lejano. Un enlace de paso entre dos satélites dos satélites orbitales, se le llama enlace intersatelital (ISL). Este tipo de enlace, tiene la dificultad de que ambos transmisor y receptor son especiales lo cual limita la operación de ambos a trabajar con niveles de potencia y g/T bajos. Para compensar esto en enlaces distantes, es necesario incrementar el EIRP recurriendo a haces de transmisión delgados para una mayor concentración de potencia con el tamaño de la antena limitado, los haces delgados usualmente se obtiene recurriendo a las frecuencias de portadora altas. Por esto, los enlaces intersatelitales se diseñan típicamente para banda K (20-30-GHZ) o EHF (60 GHZ) Podemos considerar el uso de enlaces intersatelitales por medio ópticos (láser).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

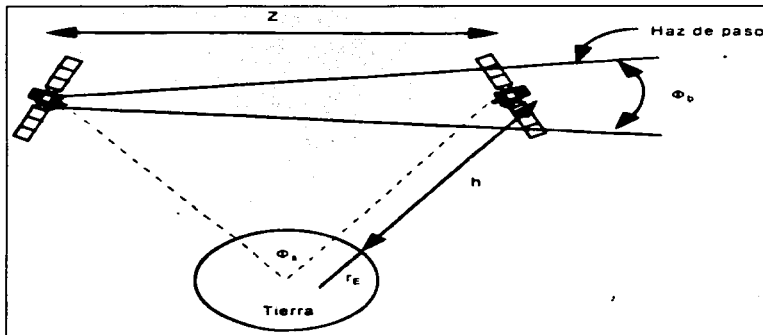


Fig. 3.3 Enlace Intersatelital

Tipos de Órbitas

El Cinturón de Clarke

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En 1945, Arthur C. Clarke sugirió en una de sus publicaciones la posibilidad de colocar satélites artificiales en una órbita tal que al observarlos desde un punto sobre la superficie de la tierra parecían que no se moviesen, colgados en el cielo. Los satélites no cambiarían aparentemente de posición y esto traería consigo grandes ventajas pues, tal como se verificaría años más tarde, su operación se simplificaría y el costo de los equipos terrestres necesarios para utilizarlos se reduciría, en relación con el uso de otras órbitas. Además, casi la totalidad del mundo habitado se podría intercomunicar por radio con sólo tres satélites colocados en esa órbita tan especial (Fig. 3.4). ¿Cómo sería posible lograrlo, si los satélites deben moverse a gran velocidad, para no perder altura y caer hacia la tierra, atraídos por ella? La Tierra gira sobre su propio eje, completando una vuelta cada 24 horas, si se coloca a un satélite de tal forma que gire circularmente alrededor de ella en un plano imaginario que atraviese por el círculo ecuatorial, y si el satélite también completa una vuelta en 24 horas, entonces para un observador sobre un punto fijo de la tierra, se produce la ilusión de que el satélite no se mueve.

Orbita Geoestacionaria

La idea de Clarke era muy buena y debían cumplirse varios requisitos para que el satélite fuese en verdad fijo con respecto a la Tierra es decir geoestacionario. En primer Lugar, el satélite debía desplazarse en el mismo sentido de rotación que la tierra; además para que no perdiese altura poco a poco y completara una vuelta cada 24 horas debía estar a aproximadamente 36000 Km de altura sobre el nivel del mar, para lograrlo, el satélite debía de tener una velocidad constante de 3075 m/s siguiendo una órbita circular alrededor de la tierra (Fig. 3.4)

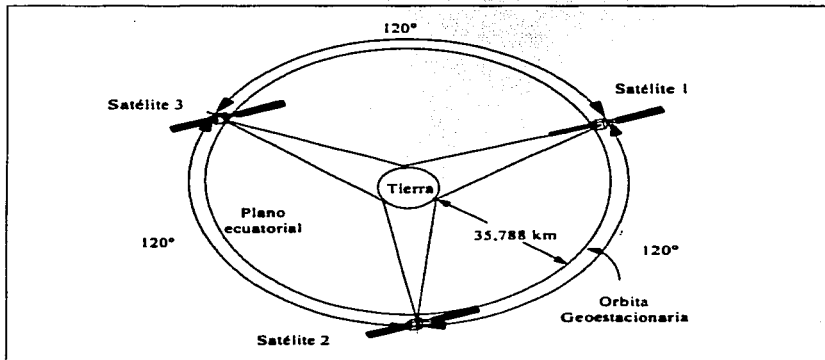
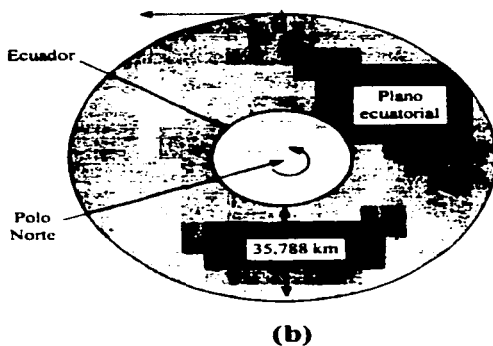
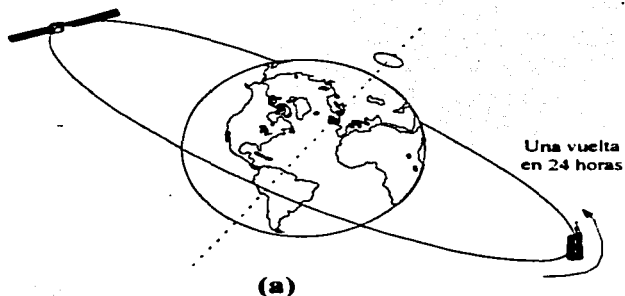


Fig. 3.4 Tres satélites en la órbita de Clarke que cubre de manera conjunta a la Tierra completa

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

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La órbita en cuestión recibe el nombre de órbita geoestacionaria, pero con frecuencia muchos autores e investigadores también se refieren a ella como el Cinturón de Clarke, en el justo reconocimiento a su promotor. En la actualidad, ésta es la órbita más congestionada alrededor de la Tierra; muchos propietarios de satélites, sino todos quieren estar ahí obvias razones de sencillez y bajo costo de operación. En ella se encuentran satélites de apariencia física y aplicaciones muy diversas: meteorológicas, militares, experimentales y de comunicaciones.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 3.5 Periodo de rotación (24 Hrs) de los Satélites geostacionarios.
(a) Vista lateral (b) vista superior.

Órbitas de Satélites

Las trayectorias típicas de un satélite se aprecian en la fig. 3.4 El satélite gira alrededor de la Tierra con una órbita que puede ser ecuatorial, polar, o inclinada. El punto subsatelital es la proyección instantánea de la vertical sobre la superficie de la tierra del punto satelital en órbita. Por lo tanto el punto subsatelital rige la órbita a lo largo del ecuador. Las órbitas polares tienen puntos satelitales que pasan a través de los polos.

Una órbita puede ser elíptica o circular. Para una órbita circular un satélite debe alcanzar una velocidad de

$$v_s = \sqrt{\frac{g_0}{r_E + h}} \dots\dots(1)$$

donde r_E es el radio de la Tierra ($r_E = 6378.155\text{km}$, $h=35786.045 \text{ km}$), h es la altura de la órbita geoestacionaria y g_0 es el coeficiente gravitacional,

$$g_0 = 03.986013 \times 10^8 \text{ Km}^3/\text{s}^2$$

El tiempo t_s para que un satélite complete una revolución (período de orbitación) satisface es la velocidad angular en rad/s. Ya que $v_s = (r_E + h) \omega_s$, tenemos

$$t_s = \frac{2\pi}{v_s} (r_E + h) \dots\dots\dots(2)$$

$$= \frac{2\pi}{g_0} (r_E + h)^3 \dots\dots\dots(3)$$

Orbita Baja

Si la altura de la órbita aumenta, entonces se reduce la velocidad satelital requerida, mientras que se incrementa el periodo de la órbita. A los satélites con alturas en el rango de los 160 a los 1600 Kilómetros, se les conoce como Orbitadores de Baja Altura (LEO - Low Earth Orbiters) y rodeada a la tierra en pocas horas.

Si las órbitas de los satélites en un plano ecuatorial tienen una velocidad exactamente igual al periodo de rotación estos aparecerán como si estuvieran fijos en el cielo desde un punto de vista específico en la superficie de la Tierra. Dicho satélite se nombra como órbita geosíncrona o geoestacionario. Un satélite sincrónico tiene un punto subsatelital sobre la Tierra que permanecerá en un punto fijo en el ecuador. Para que se obtenga una órbita sincrónica ts deberá igualar al periodo de un día serial = 23hr,56 min,4s la ecuación (3) muestra que esto ocurre a una altura de $h = 35,784$ km.

Por lo tanto un satélite sincrónico, efectivamente, permanece suspendido sobre el ecuador a esta altura. Los satélites colocados en órbitas sincrónicas pueden ser localizados por su posición de longitud estacionaria efectiva relativa a la Tierra. Estas posiciones pueden ser identificadas por líneas de longitud al ecuador al cual cae el punto subsatelital. Si la tierra es vista desde arriba del polo Norte, la órbita sincrónica aparecerá como un círculo en el plano ecuatorial a través del centro de la Tierra. Los puntos en este círculo se pueden identificar por sus ángulos longitudinales, con cero grados respecto al meridiano de Greenwich y ángulos definidos ya sea en la dirección este u oeste. Noreste que el rango de ángulos desde aproximadamente 160° W representan localidades favorables para el continente Norte Americano. Las posiciones orbitales para los satélites que operan a la misma frecuencia se han designado con espaciamientos mínimos de 2°.

Si un satélite en órbita gestonaria, y un punto subsatelital es proyectado hacia la Tierra de manera normal, el punto subsatelital permanecerá teóricamente en un fijo sobre el ecuador sin embargo los satélites geoestacionarios pueden moverse debido a efectos gravitacionales de la Luna y el Sol provocando que la órbita se incline ligeramente. Después de un año por ejemplo, estos movimientos, si no se corrigen, pueden producir una inclinación de varios grados. Este movimiento provocará que un punto subsatelital sobre la tierra oscile en forma de 8. La dimensión del movimiento en forma de 8 crecerá proporcionalmente de acuerdo al crecimiento de la inclinación. Por esta razón se realizan ciertos ajustes de control de posición (station keeping) de la manera ocasional para compensar los movimientos involuntarios.

Una desventaja de los satélites geoestacionarios es que los puntos en la Tierra más allá de los 80° de altitud no son visibles. Por otro lado los satélites geoestacionarios requieren estaciones terrenas simples sin sistema de seguimiento, ya que estos satélites permanecen casi en el mismo punto en el cielo. Sin embargo, aún con acciones de control de posición un satélite geoestacionario puede tener una variación en su posición de aproximadamente $\pm 1^\circ$, simplemente debido a la elipticidad de la órbita. Esto significa que siempre se presentará a una incertidumbre en la localización real del satélite de alrededor 40km. en un enlace satelital sincrónico

Orbitas Inclinadas

Las órbitas inclinadas pueden proporcionar visibilidad a las latitudes altas del norte y sur, aunque requieren de estaciones terrenas que sigan continuamente al satélite.

Esto a veces necesita una operación de adquisición y a veces involucra la donación de un espacio orbital a otro satélite nuevo. Además las órbitas inclinadas normalmente requieren de satélites múltiples, espaciados adecuadamente a lo largo de la órbita con el fin de proporcionar cobertura continua a una estación terrena en particular. Los satélites en órbitas inclinadas poseen que son más elípticas que circulares.

Como resultado, el satélite se mueve a una altura mayor durante algunas porciones de su órbita. La altura pico es conocida como apogeo, mientras que la altura mínima llamada perigeo. El satélite tiene una velocidad menor durante la fase de apogeo que durante el perigeo. Esto significa que el punto subsatelite se mueve más lento durante el apogeo, y más rápido mientras pasa a través del perigeo. Por esta razón una órbita inclinada se diseña de manera que el apogeo se coloque sobre la porción de la Tierra de mayor interés, proporcionando mayor visibilidad. Una órbita inclinada importante es la órbita *Molnya* utilizada por los satélites de la extinta Unión Soviética. La órbita está inclinada por 63° , y tiene un periodo de 12 hrs con un apogeo de aproximadamente 40,000km sobre la porción norte de su órbita.

La red de satélites de posicionamiento global utiliza 24 satélites Navstar distribuidos sobre tres planos inclinados por 63° respecto al plano ecuatorial, y separados entre sí por 120° . Cada plano contiene ocho satélites espaciados en órbitas de forma circular de 12 hrs a una altitud de aproximadamente 19,200 km. Los planos y órbitas han sido seleccionados para garantizar que al menos seis satélites estarán en la línea de vista desde cualquier punto de la Tierra en cualquier momento para proporcionar señales de navegación.

Orbitas Polares

Las órbitas polares se utilizan principalmente para satélites meteorológicos, con alturas aproximadamente 1600 km. Y periodo de órbitas de aproximadamente 100 min. Durante una revolución del Satélite, sin embargo la tierra rota aproximadamente 25° . Por lo tanto el punto subsatelite de una órbita polar traza círculos alrededor de los polos, los cuales están separados 25° respecto al ecuador. Las órbitas polares normalmente se diseñan para ser solar – sincronas, de tal manera que el satélite de tal manera que el satélite re dibuje la misma órbita a la misma hora del día, y por lo tanto "mira" hacia la tierra cada día en condiciones de iluminación idénticas.

Desde un punto de vista de comunicaciones, existen parámetros clave asociados con un satélite orbital: (1) área de cobertura, o la porción de la superficie terrestre que puede recibir transmisiones satelitales; (2) el ángulo de la elevación al cual una estación terrena observa al satélite; (3) el rango de la línea de vista (distancia real a la línea de vista desde un punto fijo sobre la Tierra al satélite); y (4) el tiempo durante el cual un satélite es visible con un ángulo de elevación prescrito. El ángulo de elevación es importante, ya que las comunicaciones pueden ser atenuadas significativamente si el satélite debe ser visto a un ángulo de elevación bajo esto, es un ángulo muy cerca del horizonte.

Podemos establecer que el área de cobertura A_{COB} como una fracción de la superficie terrestre total está dada por:

$$A_{COB} = (2\pi r_E^2)(1 - \cos \Phi_E) \dots \dots (4)$$

donde

$$\Phi_E = \cos^{-1} \left(\frac{r_E \cos \Phi_h}{r_E + h} \right) - \Phi \dots \dots (5)$$

Ya que el área total de la superficie de la Tierra es $4\pi r_E^2$, podemos re escribir el A_{COB} como una fracción de la superficie total de la Tierra:

$$\frac{A_{COB}}{4\pi r_E^2} = 0.5(1 - \cos \Phi_E) \dots \dots (6)$$

La tabla 3.1, muestra esta razón como una función de h para varios ángulos mínimos Φ_h de elevación. Nótese que un satélite cercano a su órbita sincrona cubre alrededor del 40% e la superficie de la Tierra . Esta área de cobertura se decrementa con incremento mínimo del ángulo de elevación.

El ancho de haz de ángulo Φ_b requerido por el satélite para producir una área de cobertura dada A_{COB} deberá satisfacer lo siguiente

$$2\pi[1 - \cos(\Phi_b / 2)] = A_{COB} / h^2 \dots \dots (7)$$

el cual, para ángulos pequeños, $\Phi_b \ll 1$, está dado aproximadamente por

$$\Phi_b \approx d / h \quad (8)$$

Donde d es el diámetro del área de cobertura. Nótese que para un ángulo de aproximadamente 8° es necesaria para cubrir por ejemplo los estados continentales de los Estados Unidos (COUNUS –Continental United States) desde las altitudes síncronas.

La línea de vista (z) entre un punto en la Tierra, una altura h y un ángulo Φ_1 se obtiene como

$$z = \left[(r_e \cdot \text{sen } \Phi_1)^2 + 2r_e \cdot h + h^2 \right]^{1/2} - r_e \cdot \text{sen } \Phi_1 \dots \dots \dots (9)$$

Esto determina la longitud de propagación directa entre una estación y un satélite con una altura h y un ángulo de elevación Φ_1 . Esta línea de vista determinará la pérdida de potencia por propagación total desde la estación terrena al satélite.

Altura (km)	Area Visible (%)		
	$\Phi_1 = 0^\circ$	$\Phi_1 = 7.5^\circ$	$\Phi_1 = 10^\circ$
1840	11.15	7.7	6.7
7360	26.9	21.3	19.8
14720	34.9	28.8	27.1
21120	38.8	32.5	30.7
29440	41.1	34.8	32.85
35680	42.4	36.1	34
38400	42.5	36.2	34.1

Tabla 3.1

Además, el rango z determina el tiempo de propagación (retardo de tiempo) sobre la trayectoria. Esto tomará un campo electromagnético

$$\tau_d = (3.33)z \text{ } \mu\text{s} \quad (10)$$

Para propagar sobre una trayectoria de longitud z km. Por lo tanto toma aproximadamente 100 ms para transmitir hacia órbitas geostacionarias. También, ya que la localización del satélite es imprecisa por aproximadamente ± 40 km. , siempre estará presente un error aproximadamente $\pm 133 \mu\text{s}$ estará siempre presente en una ruta de propagación geostacionaria Tierra satélite.

Si un satélite está en órbita a una altura h , éste pasará sobre un punto en la Tierra con un ángulo de elevación que excede a Φ_1 por un periodo de tiempo

$$t_r = \left(\frac{2\Phi_1}{360^\circ} \right) \left(\frac{t_o}{1 \pm (h_o / r_e)} \right) \dots \dots \dots (11)$$

Donde t_s es el periodo orbital, t_e es el periodo de rotación de la Tierra (un día sideral) y Φ_E está relacionado a 0 por la ecuación (5). El signo \pm depende si el satélite efectúa una órbita progresiva (misma dirección) o retrógrada (dirección opuesta). Para una órbita geostacionaria progresiva $t_s = t_e$ y $t_p = \infty$. La ecuación (11) es importante para evaluar la cantidad de tiempo que es una estación terrena tiene que comunicarse con un satélite orbitando sobre ésta.

Bandas de Frecuencia de Operación de los satélites

El espectro electromagnético de frecuencias es mostrado en la fig. 3.6 junto a las bandas de frecuencia designadas. Las frecuencias utilizadas para las comunicaciones vía satélite son seleccionadas a partir de las bandas que son más favorables en términos de eficiencias de potencia, distorsiones de propagación mínimas, y efectos reducidos de distorsión e interferencia. Estas condiciones de operación tienden a forzar la operación en regiones de frecuencias particulares que proporciona la mejor relación entre estos factores. Desafortunadamente los sistemas terrestres (tierra a tierra) tienden a favorecer estas mismas frecuencias. Por lo tanto, debe existir cierto interés en lo que concierne a los efectos por interferencia entre los sistemas terrestres y satelitales. Además, el espacio en sí mismo es un dominio internacional, así como lo son el espacio aéreo internacional y los océanos, y el uso de satélites desde el espacio debe ser compartido y regulado sobre una base global. Por esta razón las frecuencias a ser utilizadas por los satélites son establecidas a través de un organismo internacional conocido como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU- International telecommunications Union) con regulaciones difundidas controladas por un subgrupo conocido como la Conferencia de Radio Administrativa Mundial (WARC- World Administrative Radio Conference) un comité técnico consultivo internacional (CCIR) proporciona recomendaciones específicas sobre las frecuencias satelitales bajo consideración de WARC. El objetivo básico de estas agencias es ubicar bandas de frecuencia particulares para diferentes tipos de servicios satelitales así como proporcionar regulaciones internacionales en las áreas de máximos niveles de radiación desde el espacio, coordinación con los sistemas terrestres, y el uso de localidades satelitales específicas en una órbita dada. Junto con estos repartos regulaciones, un país individual que opera su propio sistema de satélite doméstico, o quizá un consorcio de países operando un sistema de satélite internacional común (por ejemplo Intelsat), puede realizar sus propias selecciones de frecuencias basadas en las intenciones de uso así como los servicios satelitales deseados.

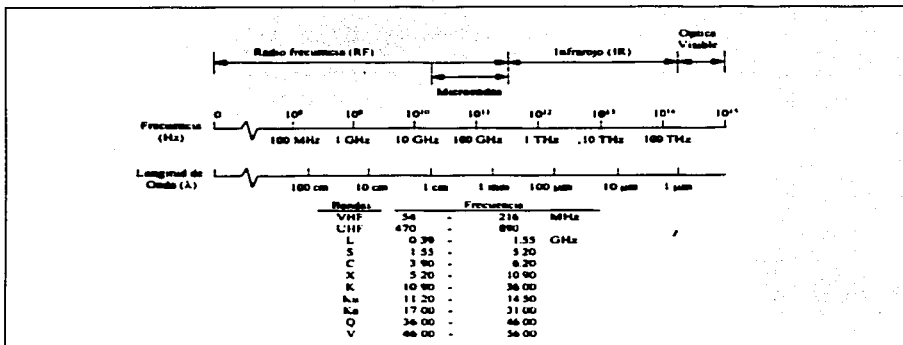


Fig. 3.6 Espectro electromagnético de frecuencias y bandas designadas
 $1 \text{ (metros)} = (3 \times 10^8) / \text{frecuencia (Hz)}$.

Las bandas de frecuencia ubicadas para propósitos específicos de comunicaciones se presentan en la Tabla 1, indicando uso primario de estas bandas en los Estados Unidos. El uso de estas frecuencias ha sido dividido en aplicaciones militares, comerciales y científicas con ubicaciones específicas para enlaces ascendentes y descendentes. Los servicios satelitales han sido designados como puntos fijos (entre estaciones terrenas localizadas en puntos fijos sobre la Tierra), difusión (transmisión simultánea a varias estaciones espaciadas sobre el área de gran cobertura) y móvil (vehículos terrestres barcos y aviones) el enlace intersatelital se refiere a enlaces entre satélites orbitando.

La mayoría de la tecnología satelital en comienzos fue desarrollada para las bandas de UHF, C y X, las cuales requieren de una conversión mínima entre sistemas existentes de microondas. Sin embargo, se han proyectado problemas muy críticos en estas áreas, debido a la proliferación de los sistemas satelitales en todo el mundo en estas bandas. El problema principal es que el ancho de la banda disponible en estas bandas es ahora inadecuado para alcanzar a las necesidades de tráfico presentes y futuras.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Varios sistemas satelitales independientes y entre los sistemas satelitales y los de microondas terrestres existen, se tomarán más críticos conforme se vayan poniendo en órbita satélites adicionales. La coordinación entre sistemas independientes será difícil de mantener. También se pueden presentar una congestión orbital serial en las órbitas más favorables para los sistemas que operan en banda C y banda X. Por estas razones existe un interés continuo en la extensión en las bandas más altas como las bandas K y V (Fig. 1). En la mayoría de los casos esto significa un desarrollo adicional en la tecnología y la electrónica, una investigación extensa en la propagación atmosférica a estas frecuencias, pero la operación extendida tiene las ventajas de contar con más ancho de banda espectral, interferencia despreciable, y espaciamientos orbitales menores.

Banda de Frecuencias	Frecuencia (GHz)		Localización en los Estados Unidos
	Enlace Ascendente	Enlace Descendente	
UHF	0.821 - 0.825	0.866 - 0.870	Servicios de Satélite Móvil
	0.845 - 0.851	0.890 - 0.896	
Banda L	1.631 - 1.634	1.530 - 1.533	Servicios Móviles
		1.575	GPS
		1.227	GPS
Banda S	2.110 - 2.120	2.290 - 2.300	Investigación espacial
Banda C	5.9 - 6.4	3.7 - 4.2	Fijo, punto a punto no militar
Banda X	7.145 - 7.190	8.40 - 8.45	Investigación espacial
	7.9 - 8.4	7.25 - 7.75	Solamente Militar
Banda Ku	14.0 - 14.5	11.2 - 12.2	Difusión, fijo no militar
Banda Ka	27 - 30	17 - 20	Sin asignar
	30 - 31	20 - 21	Sin asignar
	34.2 - 34.7	31.8 - 32.8	Investigación espacial
Banda Q	50 - 51	40 - 41	Punto fijo, no militar
		41 - 43	Difusión, no militar
Banda V		54 - 58	Intersatelite
		59 - 64	Intersatelite

Tabla 1 Bandas de Satélite para Estados Unidos

Una ventaja inmediata y obvia al utilizar una portadora a una frecuencia más grande es la habilidad de modular más información (anchos de banda mayores) sobre ella. Si suponemos que el ancho de la banda que puede ser modulado sobre una portadora es un porcentaje fijo de esa frecuencia portadora, entonces una portadora operando a 30 GHz puede portar tranquilamente cinco veces la información de una portadora en banda C. Por lo tanto mientras que la banda C. En los sistemas satelitales pueden proporcionar anchos de banda de 500 MHz (alrededor del 10% de la frecuencia de la portadora), una frecuencia portadora en la banda K podrá proyectar cerca de 2.5 GHz de ancho de banda modulando. Un incremento en esta proporción tendrá un impacto significativo en la eficiencia de costo y capacidades de un enlace satelital.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Reuso de Frecuencias por polarización Ortogonal

Un método ampliamente utilizado para transmitir dos señales en la misma frecuencia en sistemas de microondas y satélite es ponerlas a transmitir al mismo tiempo en polarización ortogonal, con esto se puede duplicar la capacidad de transporte de información por el satélite (en teoría ya que en la práctica esto no sucede). Un requerimiento fundamental de la transmisión en polarización dual u ortogonal es el mantener un buen nivel de aislamiento entre las dos polarizaciones para así de esta manera la inducción de las señales entre ellas por co-canal sea aceptable o mínima.

La polaridad de una onda electromagnética radiada es la curva trazada por su punto final del vector eléctrico que se observa en la dirección de propagación. La polarización de este vector eléctrico (Recordemos que una onda electromagnética tiene dos componentes vectoriales uno eléctrico y otro magnético ortogonales entre si y donde la polaridad o polarización de esta señal para el satélite, solo obedece a la componente vectorial eléctrica) puede ser clasificada como lineal, circular o elíptica. Ver Figura 3.7. Si la oscilación del vector eléctrico se mantiene a lo largo de la propagación de la onda si variaciones formando una línea, la polarización será lineal en donde el vector eléctrico puede mantenerse sobre el eje de las "y" siendo esta polarización lineal vertical figura 3.7 (a), mientras que si se mantiene a lo largo del eje de las "x" será polarización lineal horizontal figura 3.7 (b), recordemos que la onda se sigue desplazando a lo largo del eje de las "z". Si el vector mantiene su longitud pero traza un círculo, la polarización será circular. Cuando el sentido de esa rotación del vector es en sentido contrario a las manecillas del reloj (la propagación de la onda es fuera de la hoja), la polarización será circular derecha figura 3.7 (c). Si la rotación es en sentido de las manecillas del reloj la polarización será circular izquierda figura 3.7 (d). La polarización elíptica se muestra en la Figura 3.7 (e) y (f).

La onda asociada con ella viaja en la dirección positiva del eje de las "z" (fuera de la pagina). El campo eléctrico instantáneo puede ser definido como se describe a continuación:

$$E = E_1 \cos \omega t x + E_2 \cos (\omega t + \theta) y$$

Donde E_1 , E_2 , θ , x y y son los valores máximos, la diferencia de fase, x el vector unitario asociado al eje de las x y y el vector unitario asociado al eje de las y y componentes de E respectivamente. La apertura del ángulo de la elipse τ es el ángulo entre el eje de las x y el eje mayor de la elipse. El eje del radio r de la elipse esta definida como el radio de la componente del campo eléctrico del eje mayor al eje menor. Cuando las componentes estén en fase, $\theta=0^\circ$, la onda es de polarización lineal y su orientación depende de los valores relativos de E_1 y E_2 . Por ejemplo, si $E_2 = 0$, entonces $E = E_1 \cos \omega t x$ y la onda tendrá polarización lineal horizontal. Cuando $E_1 = 0$, entonces $E = E_2 \cos(\omega t + \theta) y$ y la onda tendrá polarización lineal vertical. Las polarizaciones Horizontales y Verticales son las dos polarizaciones lineales ortogonales. Cuando E_1 y E_2 y $\theta=90^\circ$, la polarización será circular, para -90° la rotación será circular derecha y a 90° será circular izquierda. La polarización circular derecha y circular izquierda son dos polarizaciones circulares ortogonales entre si

En teoría cuando se tiene un aislamiento infinito entre dos polarizaciones ortogonales, transmitiendo en la misma frecuencia, cada una de ellas transmitiendo en sentido contrario una de la otra (polarización ortogonal), no existirá interferencia entre ellas. Una antena diseñada para operar con polarización circular derecha absorberá la máxima potencia de la recepción de una señal que se capte con polarización circular derecha y no absorberá potencia de una onda de polarización circular izquierda

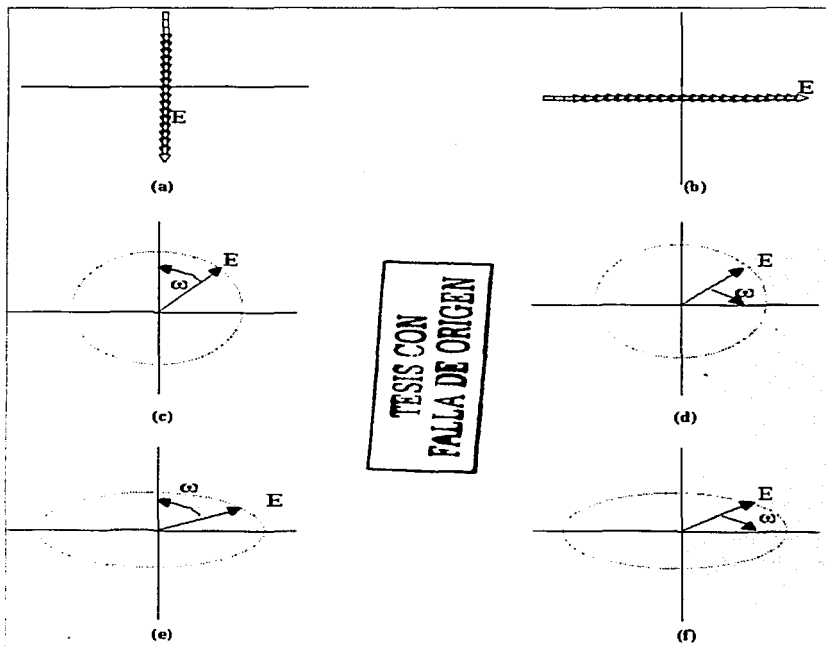


Figura 3.7 Polarización Ortogonal

Estaciones Terrenas

Una estación terrena satelital es un conjunto de equipo de comunicaciones y de cómputo que puede ser terrestre (fijo y móvil), marítimo o aeronáutico. Las estaciones terrenas pueden ser usadas en forma general para transmitir y recibir del satélite. Pero en aplicaciones especiales solo pueden recibir o solo pueden transmitir. A continuación se enumeran cada uno de los subsistemas básicos que integran una estación terrena satelital.

- **Plato Reflector** (antena):
- **Amplificador de Potencia** [HPA, High Power Amplifier] Al Amplificador de Alta Potencia [HPA] también se le conoce como Transmisor o Transceptor [Transceiver] ya que está en la parte Transmisora. Existen varias versiones de HPAs, dependiendo de la potencia radiada y de otros factores. Los hay de estado sólido, los SSPA (Solid State Power Amplifier) o SSHPA, los hay analógicos de de Tubos de Vacío, los TWTs (Travelling Wave Tube), los KPA (Klystron Power Amplifiers) . Los SSPAs generalmente se usan para potencias bajas, los TWTs y los Klystron se utilizan para potencias muy altas.
- **Amplificador de Bajo Ruido** (Receptor). LNA: Low Noise Amplifier:
- **Convertor de subida/bajada** (Up/down converter): Un convertor de subida y bajada, se puede conseguir a parte, y generalmente convierten frecuencias de IF (Frecuencia Intermedia) a RF (Radio Frecuencia) cuando es UpConverter y de RF a If cuando es DownConverter. La frecuencias de IF son generalmente de 70 MHz, 140 MHz y la mas común es la Banda L (950-1550 MHz aprox) La RF puede ser Banda C, Ku, Ka, etc. El convertor de subida/bajada tambien puede estar integrado junto con el LNA. Cuando es asi, se le conoce como LNB (Low Noise Block): entonces un LNB = LNA + Up/Down Converter
- **Modem satelital** (modulador, demodulador):

Subsistema de Radio Frecuencia

El sistema de Radio frecuencia esta compuesto por los siguientes elementos:

- a) Antena
- b) Cadena descendente
- c) Cadena ascendente

La cadena ascendente se refiere a la etapa de transmisión y la cadena descendente se refiere a la etapa de recepción como lo muestra la figura 3.8

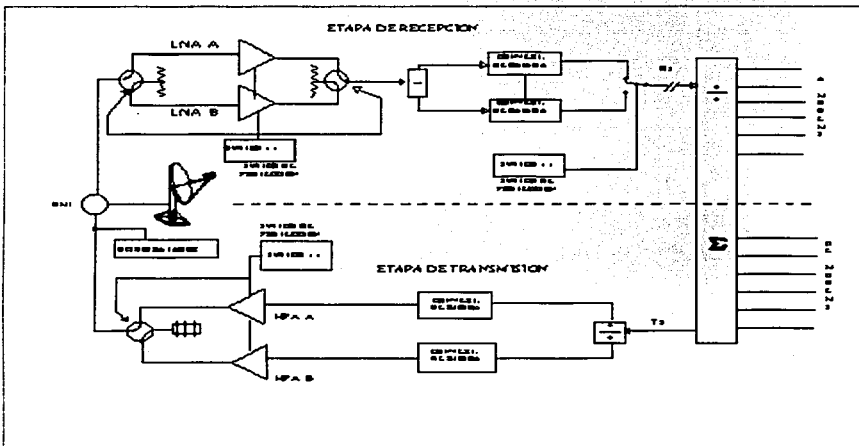


Figura 3.8 Subsistemas de Transmisión y Recepción

nota: la figura muestra una configuración típica para una estación con redundancia.

A) Antena

Para realizar la transmisión y recepción de las portadoras hacia el satélite o del satélite se utilizan antenas parabólicas.

Por lo tanto para que una estación terrena pueda transmitir y recibir se hace necesario el uso de una antena la cual es una de las partes importantes del sistema de RF debido a que, ésta proporciona un haz a la transmisión de la portadora de RF modulada al satélite dentro del espectro de frecuencias ascendentes; y recibe la portadora de RF del satélite dentro de las frecuencias del espectro descendente.

Una antena parabólica debe contar con tres aspectos básicos.

- 1 - La antena debe de contar con una ganancia altamente directiva; esto se refiere a que la energía radiada por la antena debe ser enfocada sobre un haz angosto para iluminar la antena del satélite y proporcionar los requerimientos de potencia en la transmisión y recepción.

- 2.- La Antena debe contar con una baja temperatura de ruido para que la temperatura efectiva de ruido de la recepción (la cual es proporcional a la temperatura de la antena), se mantenga baja para reducir la potencia de ruido dentro del ancho de banda de la portadora de bajada.
- 3.- El patrón de radiación de la antena debe tener un nivel bajo en sus lóbulos laterales para reducir la interferencia de las señales no deseadas y minimizar la interferencia sobre otro satélite.
- 4.- La antena debe contar con un mecanismo para su fácil apuntamiento y de esta manera evitar pérdidas por apuntamiento.

En la actualidad existen dos tipos de antenas muy populares que son antenas con alimentador de punto focal y antenas Cassegrain con sub-reflector.

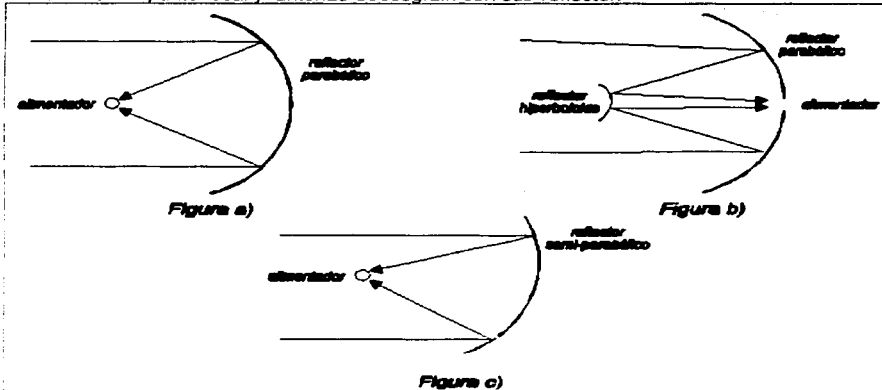


Figura 3.9 Tipos básicos de antenas: figura a) Paraboloides figura b) Cassegrain figura c) off-set (fuera de foco)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Antena con alimentador de punto focal

Una antena con alimentador de punto focal consiste de un reflector el cual es una sección de una superficie formada por una parábola rotante sobre su eje, y un alimentador cuya Fase central esta localizado en el punto focal del reflector parabólico. El alimentador es conectado a un amplificador de alta potencia y un amplificador de bajo ruido a través de un transductor de modo ortogonal (OMT siglas en ingles) el cual es de tres puertos. Comúnmente el aislamiento del OMT es mejor que 40 dB. En la etapa de transmisión la señal de salida del amplificador de potencia es radiada en el punto focal por el alimentador e ilumina el reflector el cual refleja y enfoca la señal dentro de un haz angosto. En la etapa de recepción la señal es atrapada por el reflector convergiendo en el punto focal y es recibida por el alimentador el cual la dirige a la entrada del amplificador de bajo ruido Ver figura 3.10

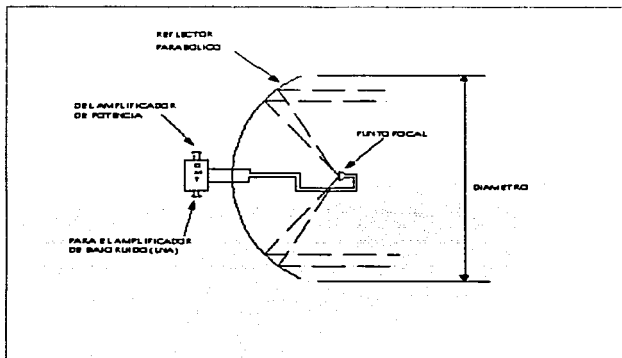


Figura 3.10 Antena con alimentador de punto Focal

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Antena Cassagrain

Una antena Cassegrain es una antena de doble reflector el cual consiste de un reflector parabólico principal, cuyo punto focal coincide con el foco virtual de un sub-reflector hiperboloide, y un alimentador, cuya fase central esta en el punto focal del subreflector, como se muestra en la figura 3.11. En la etapa de transmisión la señal de salida del amplificador es radiada del punto focal por el alimentador e ilumina la superficie convexa del subreflector el cual refleja la señal al reflector parabólico principal. La señal reflejada es reflejada nuevamente por el reflector principal para formar el haz de la antena. En la etapa de recepción la señal atrapada por el reflector principal es dirigida hacia su punto focal (al subreflector); el subreflector refleja la señal a su punto focal en donde la fase central del alimentador es localizado. El alimentador recibe la señal y la dirige a la entrada del **amplificador de bajo ruido a través del OMT**.

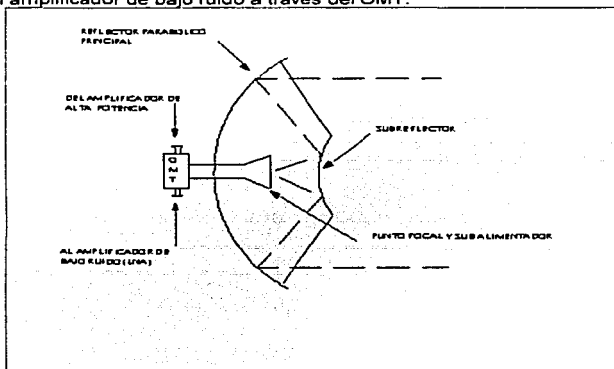


Figura 3.11 Antena con Cassagrain

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

B) Cadena descendente

Como se dijo anteriormente la cadena descendente se refiere a la recepción de la señal que proviene del satélite. La cadena descendente en su etapa de RF consta de dos elementos principales que son:

- LNA, LNB o LNC.
- Convertidor de Bajada

LNA

El LNA es el dispositivo que se encarga de amplificar la señal proveniente del satélite una vez que ha sido captada por la antena; la amplificación es requerida debido a que esta señal antes de pasar por el LNA es de muy bajo nivel para poder ser procesada. El motivo de amplificar el bajo nivel de las portadoras de RF es mantener la relación señal a ruido a un nivel necesario para alcanzar la tasa de error requerida.

Actualmente el amplificador de bajo ruido más común es el fabricado con GaAs FET el cual se ha desarrollado con una muy corta longitud de compuerta (0.5 micm), lo que permite muy bajas temperaturas de ruido teniendo como ventajas su estabilidad, rentabilidad y bajo costo.

Debemos tomar en cuenta que este tipo de dispositivo no realiza conversión de frecuencias de la banda que recibe.

LNB

El LNB se encarga como en el caso del amplificador de bajo nivel de ruido de proveer la amplificación necesaria de la señal que recibe y dentro de él se realiza una primer conversión de frecuencia obteniendo a su salida banda "L" de Frecuencia Intermedia (950 a 1450 MHz) esto no importando la banda de señal que se trabaje.

LNC

Este dispositivo actúa al igual que el LNA y LNB, amplificando la señal que recibe donde la diferencia en él radica principalmente en que realiza una doble conversión de frecuencia, obteniendo a su salida señal de Frecuencia Intermedia $70 \text{ MHz} \pm 18 \text{ MHz}$

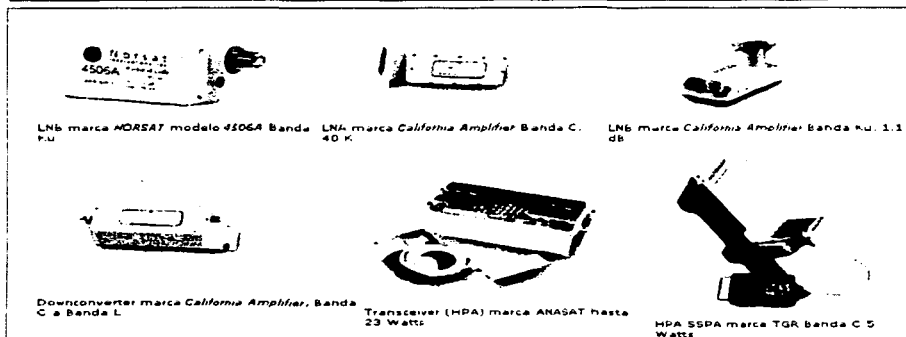
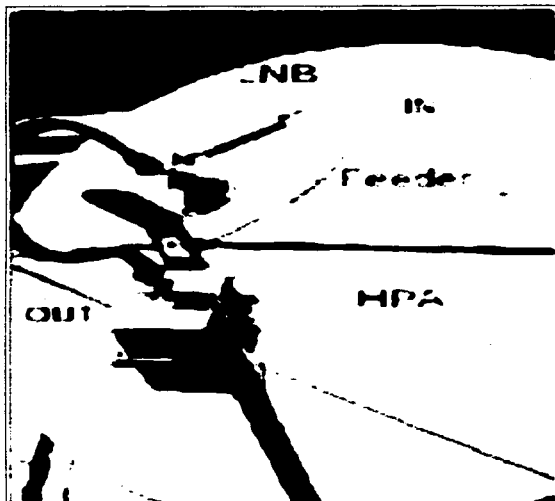


Figura 3.12 LNB Comerciales

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 3.12 Descripción de los elementos de una antena receptora

Convertidor de Bajada.

EL convertidor de bajada tiene como objetivo trasladar la señal en frecuencia de RF satelital (banda C o Ku normalmente) que proviene del LNA a una señal a frecuencia intermedia (FI). Una de las razón que se tiene para realizar la conversión de frecuencia de una señal de RF a frecuencia intermedia es que es mucho más fácil fabricar demoduladores que trabajen en frecuencia intermedia (70 MHz o 140 Mhz) que a frecuencias de RF (4 GHz o 12 GHz), otra razón es que al trabajar con frecuencia muy altas se tendrían muchas pérdidas por atenuación en distancias muy largas o en la construcción de los demoduladores el efecto capacitivo de los componentes que se utilizan produce un efecto de gran impacto, no pudiendo asegurar una señal fácil de manejar

C) Cadena Ascendente.

La cadena ascendente también conocida como etapa de Transmisión esta formada por dos dispositivos principales que son:

- Convertidor de subida
- Amplificador de potencia.

Convertidor de Subida

El convertidor de subida es el dispositivo encargado de trasladar la frecuencia intermedia (FI) proveniente del modulador a una frecuencia de RF dentro de los rangos de operación del satélite que puede ser Banda C o Banda Ku.

Amplificador de Potencia.

Ya que la señal ha sido convertida a la frecuencia de RF se hace necesario amplificar la señal para que esta sea recibida por el satélite, esto se realiza para compensar toda la atenuación que sufre la señal en su trayectoria antes de llegar al satélite. El dispositivo que se encarga de realizar esta tarea es conocido como amplificador de potencia. En la actualidad se cuenta con tres tipos de amplificadores de potencia que son:

- Amplificadores de Estado sólido (SSPA siglas en ingles)
- Amplificador de Tubo de ondas progresivas (TWT)
- Amplificador con Klystron.

Los amplificadores de estado sólido se distingue de cualquier otro tipo de amplificador por contar con una mejor eficiencia, además de poder cubrir los 500 Mhz de ancho de banda con que cuenta el satélite. Una de las limitantes de este tipo de amplificador es que únicamente se fabrica en versiones de baja potencia desde 500 mWATTS hasta 50 watts, por lo que su aplicación esta limitada para aquellos sistemas que requieran de baja potencia.

En el caso de los amplificadores de ondas progresivas son los que cuentan con menor eficiencia de los tres tipos de amplificadores, pero además de cubrir los 500 Mhz de ancho de banda del satélite se cuenta con conversiones de mayor potencia que los amplificadores de estado sólido, estos amplificadores varian desde los 75 watts hasta 3000 watts aproximadamente

Los amplificadores Klystron proporcionan mucho mayor ganancia y mayor eficiencia que los amplificadores de tubo de onda progresiva pero en un ancho de banda mucho más pequeño en el orden del 2 %. La desventaja de no poder cubrir los 500 Mhz de ancho de banda del satélite lo que implica que se tenga que estar sintonizando el amplificador a la frecuencia deseada.

B) Sistema de frecuencia intermedia

Al igual que en el sistema de RF en el sistema de FI se cuenta con una etapa de transmisión y Recepción, en donde la transmisión se realiza a través de un dispositivo llamado modulador y la recepción a través de un dispositivo llamado demodulador.

En todo sistema de comunicaciones se hace necesario conectar dos dispositivos digitales entre sí a través de un entorno analógico y en muchas ocasiones en lugares distante para eso se utiliza un dispositivo llamado módem el cual es la interface entre lo digital y lo analógico. La palabra módem es la abreviación de *modulador/demodulador*.

Para que el módem pueda transportar los datos binarios (1 y 0) a través de una señal analógica, la señal es modificada en amplitud, frecuencia o fase. A este proceso se le llama modulación. El proceso inverso es conocido como demodulación; por lo que a la señal analógica normalmente se le conoce como portadora.

El módem aparte de modular y demodular las señales, realiza otras funciones tales como la corrección de error "FEC", codificación y decodificación.

C) Banda base

Una vez que la señal ha sido demodulada y se ha removido el FEC y la codificación, la señal resultante es pasada al usuario via una interface la cual puede ser tipo RS-232, RS-449/422, V.35, G.703, etc., si se trata de datos y en el caso de voz se referirá a una interface para señalización FXO, FXS o E&M; a esta señal se le conoce como señal de banda base. No necesariamente esta señal tiene que ser datos de usuario sino también información relativa a la operación de la red tal como monitoreo y control.

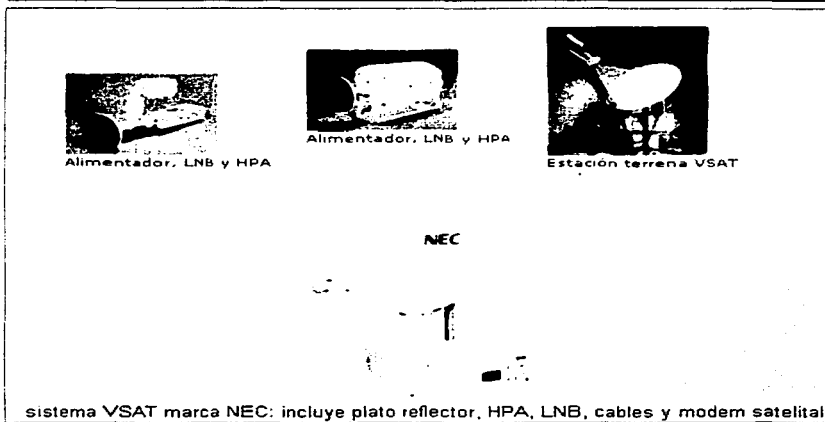


Figura 3.13 Alimentadores y Amplificadores para VSAT

Métodos de acceso múltiple al satélite

Múltiple acceso esta definido como una técnica donde más de un par de estaciones terrenas pueden simultáneamente usar un transponder del satélite.

La mayoría de las aplicaciones de comunicaciones por satélite involucran un número grande de estaciones terrenas comunicándose una con la otra a través de un canal satelital (de voz, datos o video). El concepto de múltiple acceso involucra sistemas que hacen posible que múltiples estaciones terrenas interconecten sus enlaces de comunicaciones a través de un simple transponder. Esas portadoras pueden ser moduladas por canales simples o múltiples que incluyen señales de voz, datos o video.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Existen muchas implementaciones específicas de sistemas de múltiple acceso, pero existen solo tres tipos de sistemas fundamentales:

- **Frequency-division multiple access (FDMA):** Acceso múltiple por división de frecuencias. Este tipo de sistemas canalizan el transpondedor usando múltiples portadoras, donde a cada portadora le asigna un par de frecuencias. El ancho de banda total utilizado dependerá del número total de portadoras. Existen dos variantes de esta técnica: SCPC (Single Channel Per Carrier) y MCPC (Multiple Channel Carrier).
- **Time-division multiple access (TDMA):** El Acceso múltiple por división de tiempo esta caracterizado por el uso de ranuras de tiempo asignadas a cada portadora. Existen otras variantes a este método, el más conocido es DAMA (Demand Access Multiple Access, el cual asigna ranuras de tiempo de acuerdo a la demanda del canal).
- **Code-division multiple access (CDMA):** El Acceso múltiple por división de código mejor conocido como Spread Spectrum (Espectro esparcido) es una técnica de modulación que convierten la señal en banda base en una señal modulada con un espectro de ancho de banda que cubre o se esparce sobre una banda de magnitud mas grande que la que normalmente se necesita para transmitir la señal en banda base por si misma. Es una técnica muy robusta en contra de la interferencia en el espectro común de radio y ha sido usado muy ampliamente en aplicaciones militares. Esta técnica se aplica en comunicaciones vía satélite particularmente para transmisión de datos a bajas velocidades.

COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ACCESO MÚLTIPLE

MÉTODO	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
FDMA	Asignación de Frecuencias, acceso continuo y controlado del canal. Se recomienda cuando existen pocos nodos con mucho tráfico, con poco ancho de banda a velocidades bajas (menores que 128 Kbps). SCPC/FDMA tiene una capacidad del 100% (cero retardos)	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad fija del canal - No se requiere control centralizado - Terminales de bajo costo. - Usuarios con diferentes capacidades pueden ser acomodados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere backoff de intermodulación (bandas de guarda), esto reduce el caudal eficaz del transponder. - Sistema muy rígido, cambios en la red hace difícil el reasignamiento. - El ancho de banda se incrementa conforme el número de nodos aumenta.
TDMA	Asignación de ranuras de tiempo. Cada portadora ocupa diferente ranura. Se recomienda para muchos nodos con tráfico moderado. DAMA se recomienda para muchos nodos con poco tráfico. TDMA tiene una capacidad del 60% al 80%.	<ul style="list-style-type: none"> - Optimización del ancho de banda - La potencia y ancho de banda del transponder es totalmente utilizado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempos de guarda y encabezados reducen el caudal eficaz. - Requiere de sincronización centralizada. - Terminales de alto costo
CDMA	Asignación de códigos a cada usuario. CDMA Capacidad del canal del 10%.	<ul style="list-style-type: none"> - Se trasmite a baja potencia - Control no centralizado, canales fijos. - Inmune a la interferencia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere de gran ancho de banda. - Existe un número limitado de códigos ortogonales. - Trabajan solo eficientemente con velocidades preseleccionadas.

CAPITULO 4

¿Que es el Frame Relay?

Frame Relay es una tecnología de comunicación utilizada de alta velocidad la cual es usada en cientos de redes a través del mundo para conectar Redes LAN, SNA, Internet y algunas aplicaciones de voz.

Es una manera simple de enviar información a través de una red WAN la cual divide esa misma información en tramas o paquetes. Cada trama contiene la dirección de la red que utiliza o fue enviada y la dirección de la red a la cual se va a dirigir o transmitir. Las tramas viajan a través de una serie de swiches que utilizan la tecnología Frame Relay hasta llegar a su punto de destino.

Frame Relay emplea una simple forma de swicheo de paquetes como el utilizado en PC de alto rendimiento, estaciones de trabajo y servidores los cuales operan con protocolos inteligentes, como lo son el SAN y TCP/IP. Como resultado el Frame Relay ofrece un alto desempeño de salida y rentabilidad para la gran variedad de aplicaciones de hoy en día.

Introducción al Frame Relay.

Una red de frame relay consiste en equipos terminales (ejemplo PCs, servidores, computadoras tipo "host"), equipos de acceso de frame relay (FRADS por sus siglas en ingles Frame Relay Acces Device, ejemplos de ellos son puentes (bridges, ruteadores, host) y equipos de red (ejemplo Switches, ruteadores de red, multiplexores T1/E1). Se accesa a la red utilizando interfaces de frame relay estándares en donde los equipos de acceso son los responsables de enviar a la red las tramas en un solo formato preestablecido. El trabajo de los equipos de red es el swichear o enrutar la trama a través de la red hasta su destino en un equipo final. Ver figura 4.1

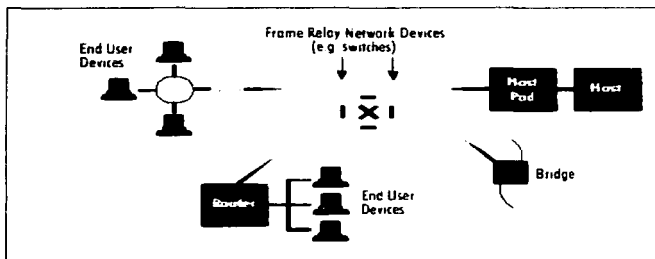


Figura 4.1 Red Típica Frame Relay

Una red de frame relay se puede describir como una nube de comunicaciones, debido a que las redes de frame relay no son simples conexiones físicas punto a punto, estas conexiones punto a punto se definen como conexiones lógicas a través de toda la red, esta ruta lógica es llamada un circuito virtual. El ancho de banda se determina para cada uno de los circuitos virtuales otorgando siempre el ancho de banda necesario para poder transmitir. Este ancho de banda permite transmitir paquete por paquete en toda la ruta definida por el circuito virtual. En la misma red pueden comunicarse entre sí una gran cantidad de circuitos virtuales, pudiendo ser permanentes o swicheados. (PVC por sus siglas en inglés Permanent Virtual circuit y SVC Swiched Virtual Circuit).

Frame Relay combina las técnicas del multiplexaje estadístico y las propiedades de poder compartir un mismo puerto como en el caso del X.25 (protocolo de comunicaciones. Ver anexo B), con las ventajas de una alta velocidad con mínimo retraso (delay) que pueden ser encontradas en un circuito TDM tradicional. Definido como un servicio en "modo de paquetes", FR organiza los datos con direcciones individuales y conocidas para ubicarlas dentro de tramas fijas de ranuras de tiempo "time slots". Esto permite al FR tener un multiplexaje estadístico y puertos virtuales (compartidos).

Comparándolo con el X.25 el cual es un protocolo de WAN que trabaja sobre la capa 3 del modelo OSI. Frame Relay elimina completamente esta capa trabajando sobre la capa 2 del modelo OSI y así asegurar una velocidad de transmisión más alta. Ver figura 4.2

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

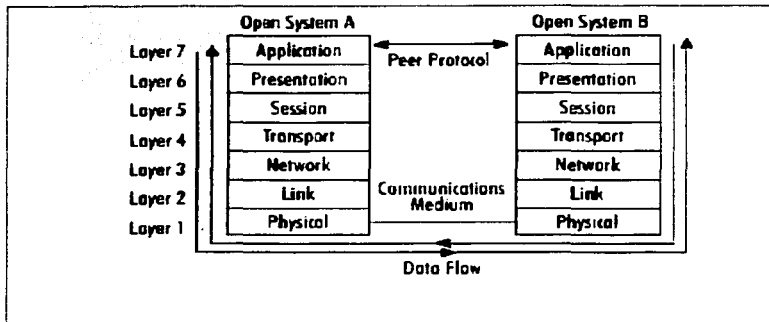


Figura 4.2 Modelo OSI

Solo algunas de las funciones de la capa 2, son utilizadas por el Frame Relay, como la validación de tramas y chequeo de las mismas, pero no solicita ninguna retransmisión de información si algún error es encontrado. Debido a que ya muchos protocolos funcionan de manera eficiente en las capas superiores del modelo OSI, el Frame Relay no duplica estas funciones basándose en el hecho que estas capas superiores tienen la inteligencia de detectar y solicitar una falta de información o error al recibirla. De esta manera el Frame Relay incrementa notablemente su desempeño de salida, debido a que el procesar cada una de estas tramas requiere muy poco proceso por los dispositivos que las transmiten y reciben. Por esta razón, el retardo en una red de Frame Relay es mucho más bajo que en una red de X.25, y es mas alto que en un delay de una red de TDM cuando no existe proceso.

En orden para poder compensar estos retrasos de la red Frame Relay, los equipos terminales deben asegurar la transmisión de datos libres de errores y punto a punto. En la actualidad, muchos de estos dispositivos especialmente aquellos que se utilizan en redes LAN, tienen la inteligencia y el poder de procesamiento para lograr esto. Debido a que el Frame Relay se basa en que el medio de transmisión actualmente trabaja con un eficiencia muy alta este tipo de redes únicamente trabaja bajo enlaces digitales T1/E1's.

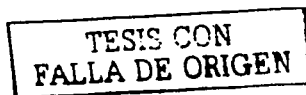
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La siguiente tabla resume las principales características de un circuito TDM swicheado, con las de swicheo de paquetes (X.25) y el Frame Relay.

	Circuitos Swicheados TDM	Swicheo de Paquetes X.25	Frame Relay
Multiplexaje en ranuras de tiempo (Time-Slots)	SI	NO	NO
Multiplexaje Estadístico (Circuitos Virtuales)	NO	SI	SI
Puertos Compartidos	NO	SI	SI
Alta Velocidad (por \$)	SI	NO	SI
Retardo (Delay)	MUY BAJO	ALTO	BAJO

El Frame Relay utiliza una estructura en la longitud de la trama variable, la cual depende totalmente de los datos del usuario los cuales los rangos utilizados pueden ser de unos cuantos a cientos de caracteres. Esta característica es similar a la utilizada por el X.25, es esencial para la interoperabilidad con la red Lan del usuario y otro tipo de trafico síncrono. Esto significa que el retardo en el trafico puede variar, dependiendo del tamaño de la trama. Existe trafico que no tolera muy bien el retardo, sin embargo la tecnología de Frame Relay esta adaptada para soportar este tipo de trafico, como lo es por ejemplo la voz y la videoconferencia.

¿Como Trabaja el Frame Relay?



Circuitos Virtuales

La tecnología de Frame Relay esta basada en el concepto del uso de circuitos virtuales VCs (Por sus siglas en ingles virtual circuits). Los Circuitos Virtuales son dos vías de comunicación definidos mediante software como rutas entre dos puertos como líneas privadas en la red. En la actualidad existen dos tipos definidos de conexiones Frame Relay, Circuitos Virtuales Swicheados (SVCs), y Circuitos Virtuales Permanentes (PVCs), los PVCs son los circuitos que normalmente se utilizan en la actualidad.

PVCs (Circuitos Virtuales Permanentes)

Los PVCs son normalmente configurados por el operador de la red pudiendo ser privada o publica via software de administración (SNMS). Los PVCs son inicialmente definidos como la conexión entre dos sitios o puntos finales de la ruta, se pueden adicionar mas PVCs dependiendo de la demanda de nuevos sitios tomando en cuenta que al hacerlo se requiere de ancho de banda adicional, rutas alternas adicionales o cuando así lo requiera una nueva aplicación la adición al sistema de nuevos puertos para interconectarse con los existentes.

Los PVCs son rutas fijas, no disponibles por demanda o por llamada. La ruta que puede tener en el presente este circuito puede en un futuro variar dependiendo de la disponibilidad de los enlaces, equipos y ruteo automático de la red, teniendo únicamente en cuenta que los dos puntos de conexión en este circuito no varían con las condiciones antes mencionadas. Con base en este punto de vista podemos decir que los PVCs son circuitos dedicados punto a punto. Los PVCs son populares debido a que ofrecen una alternativa de costo - eficiencia en los enlaces rentados a las compañías telefónicas. La implementación de estos PVCs requieren de una ingeniería de tráfico, y utilización de ancho de banda que dependiendo el tipo de equipo que se utilice variara entre marca y marca. (Esto debido al enlace de monitoreo y control). Existen tiempos fijos de instalación con un límite de flexibilidad para la adición de nuevos servicios cuando se requieren por periodos cortos.

SVCs (Circuitos Virtuales Swicheados)

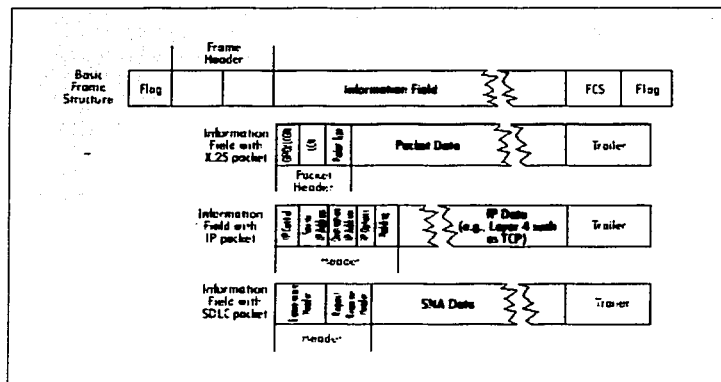
Este tipo de circuito esta disponible en demanda por llamada, estableciendo la llamada en base a un protocolo de señalización definido (Q.933) y este tipo de circuitos es comparable al ofrecido por las compañías telefónicas. Los usuarios especifican una dirección de destino similar a un numero telefónico.

Implementar SVCs en una red es mucho mas complejo que utilizar PVCs. Primero la red debe tener la capacidad de establecer conexiones dinámicas basada en los requerimientos de conexión de los usuarios (Esto es opuesto a los PVCs en donde un operador configura el circuito). La red debe establecer rápidamente una conexión y alojar el ancho de banda necesario basado en la solicitud del usuario, finalmente la red debe de seguir la llamada y contabilizarla de acuerdo al servicio requerido por el usuario. Aunque este tipo de conexiones se definió desde las especificaciones iniciales del Frame Relay, estas no fueron implementadas por los primeros vendedores de la tecnología. Hoy en día este tipo de conexiones siguen en desarrollo.

La trama de Frame Relay.

Una vez que sabemos que es un circuito virtual y de la diferencia entre los circuitos virtuales PVCs y SVCs comentaremos sobre la estructura de la trama de Frame Relay.

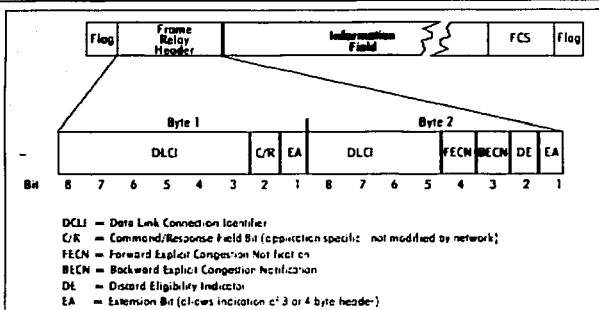
En la mayoría de los protocolos síncronos más populares, los datos se transportan a través de la línea de comunicación en tramas similares a la estructura que se muestra a continuación. Figura 4.3



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 4.3 Estructura Básica de una Trama de Información de los protocolos sincronicos más populares

En una trama de Frame Relay, los paquetes de información de usuario no se cambian en ninguna forma. Frame Relay simplemente adiciona un encabezado de dos bytes a la estructura de la trama. La Figura 4.4 nos muestra la estructura de la trama de Frame Relay y su encabezado en una forma más detallada.

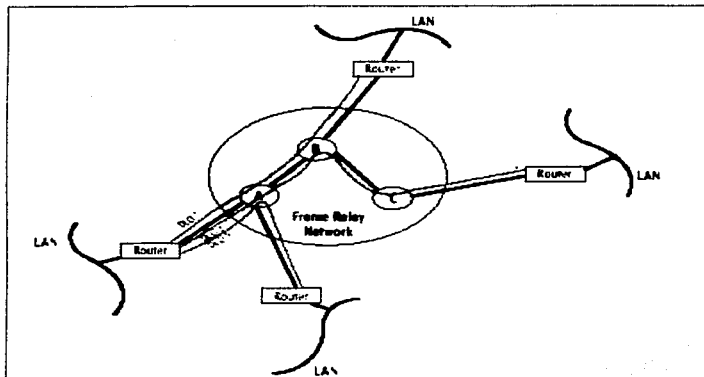


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 4.4 Estructura de una Trama de Frame Relay y su Encabezado

Por ahora únicamente nos ocuparemos de la porción mas larga del encabezado, el DLCI.

El encabezado de Frame Relay contiene un numero de 10 bits, llamado el Identificador de Conexión del Enlace DLCI (Por sus siglas en ingles Data Link Connection Identifier). El DLCI es el numero de identificación del circuito virtual del Frame Relay (Con significado local) que corresponde a un destino particular. (En el caso de una conexión LAN-WAN, el DLCI corresponde al puerto de destino al cual la LAN esta conectada). Como se muestra en la figura 4.5, la tabla de ruteo de cada dispositivo que interviene en la conexión tanto publica como privada de la red las tramas proporcionan el lugar de destino. En la figura se muestra una red típica de Frame Relay, los dispositivos mostrados del lado de la red del usuario son Ruteadores LAN, pero estos también pueden ser puentes, host, FRADs o cualquier otro dispositivo con una interface Frame Relay.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura 4.5 Red Frame Relay Típica

Los DLCIs permiten la conexión al switch de Frame Relay (También se le llama Nodo) para llevar la información a través de ellos bajo un proceso simple de tres pasos, el cual se muestra en el diagrama de flujo de la figura 4.6

1. Verificar la integridad de la trama utilizando para ello una secuencia de verificación (FCS Frame Check Sequence). Si al verificarla se encuentra un error, se descarta la trama.
2. Se localiza el número del DLCI de la trama en una tabla previamente establecida en el equipo. Si el DLCI no corresponde al enlace, se descarta la trama.
3. Se envía la trama en base a si existe una troncal o enlace especificada para ello.

Es una regla simple: Si existe un problema, se descartan los datos.

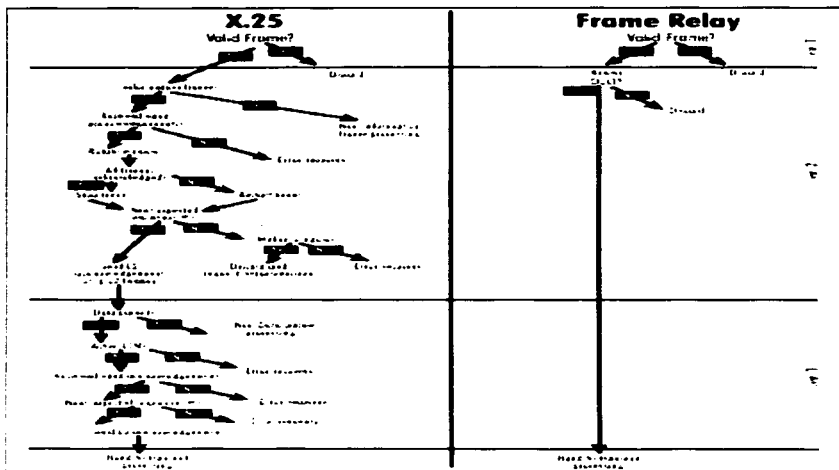
Esto es para simplificar el Frame Relay lo más posible, existen dos razones para descartar la trama.

Detección de errores en los datos
Congestión (La red esta sobrecargada)

¿El cómo la red puede estar descartando las tramas sin destruir la integridad de la comunicación entre equipos? La respuesta se encuentra en la inteligencia de los equipos terminales, como PCs, estaciones de trabajo y host. Este tipo de dispositivos operan con un nivel de multiprotocolo que permite detectar y recuperar la perdida de datos en la red.

El proceso de datos que lleva a cabo el Frame Relay es relativamente simple comparado con protocolos de alto nivel de integridad de datos como el X.25. En la figura 6.6 se muestra la contrastante simplicidad del Frame Relay comparado con el X.25, en este diagrama de flujo únicamente se contempla la ruta de un paquete o trama válido (según corresponda), pero no se muestran los procesos de recuperación de pérdida de información en el proceso completo del X.25 ya que nuestro objetivo no es ese).

Como se puede apreciar en la figura 4.6, la tecnología de Frame Relay simplifica las tareas a procesar, y les deja a los otros dispositivos finales la tarea de solicitar la retransmisión de información y corrección de errores.



TESIS CON
 SELLA DE ORIGEN

Figura 4.6 Diagrama de Flujo de una Transmisión de una Trama Valida en X.25 y Frame Relay

Para poder recuperar la información contenida en las tramas y pueda ser solicitada por los protocolos de nivel superior, ellos mantienen una numeración de las tramas que envían y reciben, en donde los "Acknowledments" son enviados para saber que la trama se recibió, y de esta forma poder solicitar la misma trama en caso de no recibirla. El requerimiento de retransmisión se solicita después de esperar un periodo de tiempo predeterminado.

Los dispositivos que envían las tramas tienen adicionalmente un bloque de memoria adicional llamado "buffer" en el cual almacena las tramas que envía y después de un tiempo razonable si no recibe petición de retransmisión desecha la trama. De esta manera se asegura la recepción del 100% de la información enviada. Estas funciones ocurren en la capa 4 del modelo OSI. La capa de Transporte, como en el caso del TCP/IP. Por contraste las redes X.25 operan estas funciones en los niveles 2 y 3 del modelo OSI por lo que los equipos terminales no requieren realizar estas funciones en la capa 4.

Tramas descartadas por Errores de Bit

Cuando un error ocurre en una trama, típicamente causado por ruido en la línea, esto es detectado verificando el bit del FCS (Frame Check Sequence) Ver figura 6.4

A diferencia de otros protocolos, el nodo del Frame Relay al detectar un error no solicita el reenvío de la trama. El nodo simplemente deja pasar la trama y se prepara para la recepción de una nueva trama. La responsabilidad recae en la inteligencia de la PC o Estación de trabajo que origina los datos para reconocer que un error ha ocurrido y debe reenviar la trama. Debido a que los costos de recuperación de información en niveles altos es muy grande, si existe ruido en la línea puede generar que la eficiencia de la red baje a niveles no satisfactorios para la operación de los equipos y comunicación entre ellos.

Afortunadamente, la mayoría de las redes actuales están basadas en infraestructura de fibra óptica con un rango de error en la transmisión muy bajo.

Tramas descartadas por Congestión

La congestión en la red ocurre debido a dos razones. La primera es porque un nodo está recibiendo más tramas de las que puede procesar. También conocido como congestión de recepción de tramas. La segunda es debido a que un nodo necesita enviar a través del medio más tramas de las que la velocidad de la línea lo permite, llamado también congestión de línea. En los dos casos, los buffers de los nodos (Memoria temporal utilizado para las tramas que llegan mientras esperan para ser procesadas por el equipo y/o para aquellas tramas que esperan para ser enviadas a través del medio) se llenan provocando que el nodo comience a descartar tramas hasta que los buffers tengan un espacio de memoria disponible para su almacenamiento.

Debido a que el tráfico de Lan responde a ráfagas de información aleatoria, la probabilidad de congestión ocurre ocasionalmente, por supuesto, el uso excesivo de sobre configuración en redes Lan no bien diseñadas para el uso de recursos WAN, provocan siempre un pago adicional que se incrementa proporcionalmente al número de usuarios y aplicaciones no proyectadas en el diseño de la red inicial. Como resultado de esto es sumamente importante que la red de Frame Relay tenga un excelente manejo de congestión de tráfico tanto por el administrador de red como el encargado del área de sistemas.

Enlaces Satelitales y Frame Relay

Como vimos en párrafos anteriores la redes de Frame Relay consisten en nodos que se comunican entre si mediante troncales. El equipo del cliente mediante un nodo de entrada/salida en la red utilizando enlaces de comunicación. Un enlace satelital puede ser utilizado para acceder a un circuito, interconectar circuitos, o como una troncal que interconecta la red de Frame Relay. Un FR DTE (Frame Relay DTE) mostrado en la figura 4.7 puede ser como ya comentamos un FRAD, ruteador, o switch de frame relay dependiendo del TIPO y volumen de trafico originador o terminador que utilice el usuario.

Velocidad de los enlaces de datos

Los enlaces Satelitales tipicamente proveen velocidades en sus enlaces de entre 64 kbit/s hasta 155 Mbits/s. Las conexiones UNI y NNI (UNI, User to Network Interface o conexión entre Usuario y Equipo de Red, NNI Conexión entre equipos de interconexión de Red y Red Estas son definiciones de la forma de cómo interactuar y señalar los equipos de acceso al Frame Relay o entre el modo de operar entre dos equipos de Transporte de Frame Relay. Ya que esta tesis no se basa únicamente en la definición del protocolo Frame Relay no se definirán el mecanismo de estas definiciones y señalizaciones. Para mayor información favor de referirse al Texto "The Basic Guide to Frame Relay Networking" editado por el Frame Relay Forum - son cubiertas fácilmente por estas velocidades de los enlaces Satelitales y fácilmente cualquier VSAT puede operar hasta con velocidades de 8Mbits/s.

Perdidas de Trama

Las perdidas de trama en conexiones punto a punto pueden ocurrir en cualquiera de los siguientes casos:

- a) Perdidas (Cortes) sobre los enlaces de comunicaciones
- b) Pedidas asociadas con eventos de congestión en nodos terrestres. En condiciones de congestión extrema de la red, los buffers en los switches son limpiados "Flushed" con la correspondiente perdida de datos.
- c) Perdidas por política de datos hecha por la red debido a exceso de trafico del cliente.

El utilizar enlaces satelitales a una red de Frame Relay únicamente adiciona perdidas descritas en la categoria del inciso a. Sin embargo, una ingeniería correcta en el diseño de la red satelital proporciona un alto nivel de calidad y eficiencia en el enlace, por lo que el uso del satélite en redes de Frame Relay no causa mayor impacto en el desempeño de las mismas.

Latencia

Debido a que el Frame Relay no utiliza un mecanismo de confirmación o reconocimiento de la información de los datos de usuario contenidos en una trama; la eficiencia del circuito no se ve afectada por un retardo adicional en la conexión punto a punto de los equipos terminales. Los satélites geostacionarios adicionan ese retraso constante en el tiempo de propagación del circuito en una sola dirección de 260 mseg. Como resultado de esto algunas aplicaciones que corran bajo la plataforma de Frame Relay que sean sensibles al tiempo de propagación pueden verse afectadas.

Jitter en Frame Relay

El término Jitter se define como la variación en tiempo en que tarda una trama en llegar de un punto de circuito punto a su punto final en cualquier circuito virtual ya sea permanente o swicheado, debido a que la adición en el circuito de un enlace satelital no contribuye al Jitter, un satélite puede ser utilizado para interconectar dos nodos o circuitos de usuario sin problema alguno. Una VSAT puede utilizarse para extender una red de Frame Relay en cualquier parte del mundo en tiempos muy cortos. En la figura 4.7 se muestra una red típica satelital que incluye servicios de Frame Relay. Un punto a enfatizar es el hecho de que es preferible utilizar ruteadores en lugar de puentes para las conexiones LAN, ya que estos son más eficaces en el filtraje de tráfico LAN, y de esta manera reservar el uso del ancho de banda satelital únicamente para aquel tráfico que deba salir a través del enlace.

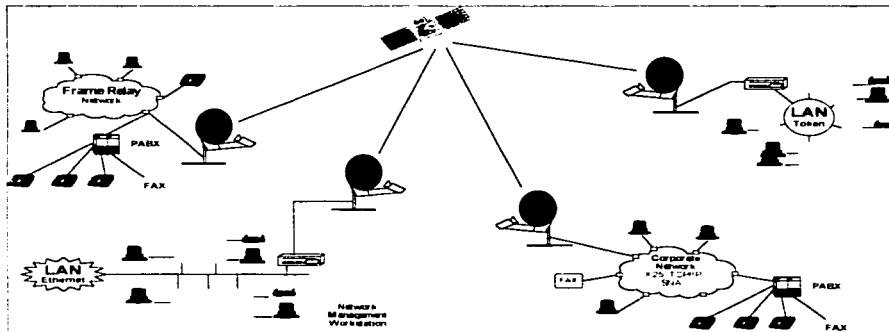


Figura 4.7 Red Típica Frame Relay

ESTÁ CON
FALLA DE ORIGEN

Trama de Frame Relay

A continuación se describirá brevemente cada uno de los bits utilizados en una trama de Frame Relay, no se profundizará en cada uno de ellos ni se tratará el mecanismo de su uso por razones de tiempo, ya que el estudio completo del Frame Relay requiere un curso por separado para comprender todos los mecanismos de señalización y control que se utilizan.

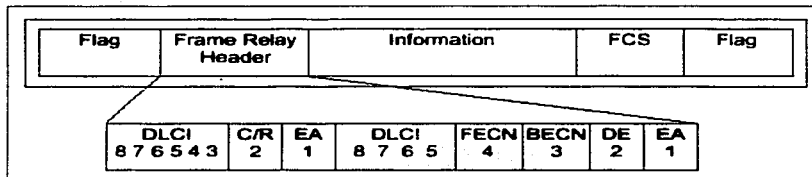


Figura 4.8 Trama de Frame Relay

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **DLCI.-** Es un campo formado por 10 bits el cual representa la dirección de la trama y correspondencia con su PVC. En este caso el máximo número de posibles direcciones válidas son 1023 ya que el campo es de 10 bits.
- **C/R** - Campo formado por 2 bits los cuales representan si la trama es un comando o una respuesta.
- **EA.-** Bit que representa una Dirección Extendida (Extended Address) de hasta dos bits más adicionales a la trama para lograr un mayor direccionamiento en la trama. Pudiendo lograr hasta 2047 direcciones válidas ya que en este caso el campo sería de 11 bits.
- **FECN, BECN Notificación de Congestión Explícita.** - Cuando la red comienza a congestionarse hasta el punto en el cual no puede procesar más datos para su transmisión, esto provoca que se comiencen a descartar tramas en la red. Como una medida para prevenir esta situación se desarrollaron varios mecanismos para notificar al equipo de usuario que la red está congestionada y asegurar el reducir la carga en la red. Dos bits en el encabezado del Frame Relay son utilizados como parte de este mecanismo FECN (Forward Explicit Congestion Notification) y BECN (Backward Explicit Congestion Notification), estos dos bits trabajan en forma conjunta y son utilizados para informar a los nodos de Frame Relay que existe congestión en la red. El bit FECN cambia a uno cuando la congestión es determinada por el nodo en la etapa de transmisión (no puede procesar más tramas para su envío), en este caso envía el bit a los nodos subsiguientes para indicar la congestión. El bit BECN cambia a uno cuando en una trama de retorno para indicar que no fue procesada. El nodo origen es notificado y deja de enviar más tramas.

Estatus de Conexiones (LMI)

Ya que cada DLCI corresponde a un PVC determinado. Algunas veces es necesario transmitir información acerca de la conexión (por ejemplo si la interface física continua activa), a la vez que se requiere algunas veces validar si los DLCIs y PVCs programados continúan activos o se requiere saber su estatus. Esta información es transmitida utilizando direcciones DLCIs reservadas para tal efecto, normalmente el DLCI 1023 y el 0 (Esto varía según el estándar de Frame Relay que se utiliza). El LMI es un protocolo de monitoreo y control que utilizan los Nodos o Switches que proveen el Frame Relay para saber del estado de las conexiones con los equipos de usuario.

- **DE (Discard Eligibility).**- Cuando existe congestión en la línea, la red debe decidir cuales tramas debe o puede descartar a fin de liberar la línea. Aquellas tramas que tengan el bit DE (Elegida para descartarse) en uno le indican a la red que estas tramas pueden descartarse antes de descartar otras que pudiesen tener mayor prioridad, este bit puede ser definido por el usuario en aquellas tramas que tengan prioridad baja, o por el mismo sistema a fin de que los otros nodos puedan descartarlas en caso necesario.

Introducción al sistema ABCS

El sistema en el cual se basa el proyecto presentado fue desarrollado en Alemania a partir de 1986 en donde se fusionan dos empresas europeas para su desarrollo, implementación y comercialización, en la actualidad debido al cambiante mercado que existe estas empresas fueron vendidas y al final adquiridas por la empresa EADS (Empresa que se dedica a la comercialización del producto principalmente en Europa).

El objetivo de la Tesis es únicamente poder otorgar una opción de total integración en los sistemas de comunicación a las empresas gubernamentales como privadas. El producto toma como necesidades primarias para una red de comunicaciones satelital:

El ser una red tipo malla incrementando la demanda de recursos bajo un acceso a satélite de redes TDMA, aprovechando la nueva generación de satélites desarrollados en los últimos años de alta potencia, permitiendo de esta forma que las estaciones terrenas se desarrollen bajo el concepto "VSAT".

Capacidad de transmisión dinámica incrementado la capacidad de transmisión y requerimientos de un canal de transmisión en espera de nuevos servicios.

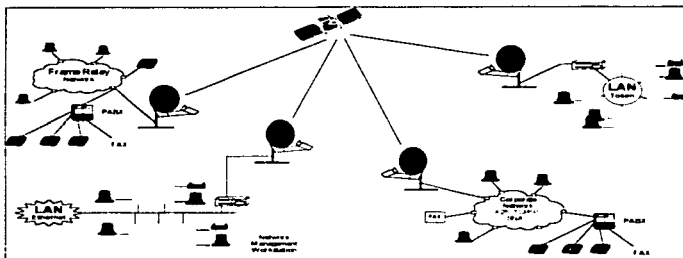
Interconectividad entre redes locales en donde involucre facilidades de procesamiento de datos y no una simple conexión a un segmento de red.

Integración de servicios en los cuales soporte la misma red facilidades de voz, fax y video conferencia, así como el eficiente uso de protocolos extendidos como el X.25 y HDLC/SDLC.

Basándose en esas necesidades fue desarrollado el sistema ABCS (Advanced Business Communication via Satellite), el cual es un equipo que combina una red satelital tipo malla con acceso TDMA con ancho de banda basado en demanda, capacidad de Frame Relay y colectividad de redes LAN para la integración de redes de computo y ambientes de conmutación de voz. El sistema provee el uso de todos esos recursos en un ancho de banda compartido de hasta 2 Mbps por portadora.

El equipo puede utilizarse para necesidades de una gran demanda de ancho de banda en una forma flexible, el equipo al ser satelital permite la integración de este tipo de trafico el cual en forma tradicional no puede ser integrado, sino por medios terrestres como lo es la fibra óptica, ISDN, Líneas Privadas, etc.

La figura 4.9 ilustra una red típica que pudiera ser implementada por este equipo, cubriendo las necesidades de una red corporativa tradicional.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 4.9 Red Típica ABCS

Con este tipo de red una sola portadora común puede agregar si es necesario dentro de la misma señal todo tipo de información desde voz digital, voz analógica, datos digitales, fax, video conferencia y multimedia. Dependiendo de los requerimientos del usuario de la red pueden utilizarse portadoras desde 512 kbps hasta 2048 kbps por canal. (El equipo puede trabajar hasta 8 canales distintos haciendo un total de 16 Mbps totalmente compatibles entre si).

En detalle el equipo puede proveer al usuario de las siguientes características y beneficios (comparado con tecnologías satelitales):

- **Conectividad total tipo malla:** En una red malla cada una de las estaciones pueden comunicarse directamente entre ellas directamente. El equipo provee este tipo de configuración con la ventaja de que NO se requiere una estación maestra dedicada para su integración. Esto permite tener retardos cortos y una mejor respuesta en tiempo. Esto permite que el costo por instalación e implementación se reduzca en comparación de sistemas que requieren una estación maestra para su control y debido a que se optimiza el recurso satelital no es necesario el desvío de tráfico.
- **Crecimiento de la red:** Es posible el poder incrementar tanto el tamaño como la capacidad de volumen de tráfico que puede ser manejada dentro de la misma red en forma programable.
- **Ancho de banda dinámico:** La arquitectura del sistema TDMA del equipo automáticamente permite la asignación directa de recursos necesaria para cada sitio. El usuario puede mover o adicionar otro "host" y PBX's sin tener que realizar una reingeniería o re dimensionar el tamaño de la red. Los servidores pueden estar centralizados o distribuidos, mientras que los procesos del usuario pueden estar localizados en cualquier lugar. El ancho de banda se adapta automáticamente a nuevos patrones de tráfico.
- **Interfaz ethernet:** La red satelital puede interconectar todas las LAN's con otras comportándose como un bridge transparente, permitiendo así la integración de protocolos como Novell, Appie Talk, TCP/IP, DECnet, etc. en sesiones compartidas. No es necesario la integración de nuevos ruteadores o "bridges".

- **Interfaz Frame Relay:** Dentro de la interfaz de frame relay esta interconstruido en el mismo equipo un switch de frame relay, pudiendo de esta forma interconectar una gran variedad de equipos o tecnologías, utilizando las ventajas típicas del frame relay se tiene un alto "throughput" y una baja respuesta en tiempo, flexibilidad de uso del ancho de banda utilizado y una velocidad comprometida para la interfaz.
- **Administración y Control de la red:** la administración de la red se basa en el estándar de SNMP (Simple Network Management Protocol) quien permite la total integración de la red satelital con cualquier red de monitoreo existente, pudiendo integrarse totalmente al monitoreo centralizado o remoto que pudiese existir.

Una VSAT de este tipo da como resultado una red flexible con comunicación directa entre sitios de todas las facilidades actuales, debemos tomar en cuenta que este tipo de red a ser utilizada es satelital, no debiendo de cometer el error de compararla con infraestructuras terrestres existentes y actuales, las cuales su alta capacidad de volumen de trafico puede ser de hasta un DS3 (44 Mbps) o superior para equipo de usuario final. Este tipo de equipo utilizando el máximo de recursos puede otorgar hasta 8 canales de 2 Mbps o lo que es lo mismo 16 Mbps, o comparándolo con las jerarquías de transmisión de señales digitales, soporta hasta 8 E1's (Cada E1 es igual a 2.048 Mbps; o combinándolos hasta en 2 E2's (un E2 es igual a 8.448 Mbps), lo cual es un ancho de banda superior a cualquier tecnología satelital en una sola red, integrando como ya dijimos aplicaciones que demandan mucho ancho de banda por si solas (Voz, Video conferencia).

Para que cualquier red tipo malla tenga integración total, la conectividad que debe tener debe ser lo bastante flexible para adaptarse a la infraestructura existente, así mismo la red puede ser particionada creando sub redes las cuales comparten los mismos recursos de salida (satelitales) sin interferirse unas con otras, el poder utilizar frame relay dentro de la red permite también el uso de circuitos permanentes virtuales (PVC's) entre los puertos seriales del equipo, pudiendo manejar la red hasta 128 PVC's. De esta forma los enlaces virtuales entre los puertos pueden ser redefinidos las veces que sean necesarias.

Descripción de una estación terrena

La estación terrena utilizada es universal constando cada una de ellas de una unidad compacta interior de 19" y una unidad externa de radio frecuencia que puede trabajar tanto en banda C como en Ku con antenas que dependiendo del satélite que se utilice pueden ser de 1.8 a 3.8 m de diámetro.

La unidad interior esta basada en un sistema tipo PC en la cual se integran las tarjetas propietarias del equipo el modulo de la computadora manejadora de nodos de red satelital (SNEC por sus siglas en ingles), el modulo de control y monitoreo de equipo externo, el modulo que contiene al módem de línea telefónica y un numero variable de módulos de interfaces Lan y serial. De esta forma todo el hardware es compatible con todos los nodos y fácil de instalar y configurar. Ver figura 4.10

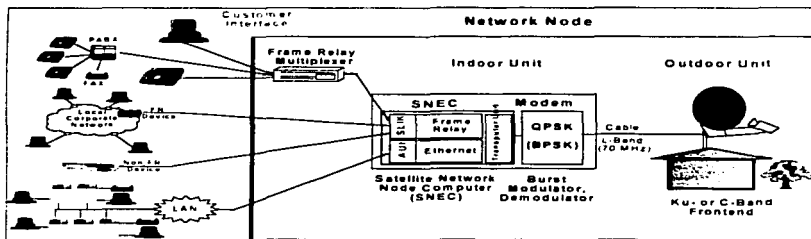


Figura 4.10 Descripción de Una Estación Terrena ABCS

La figura 4.11 nos muestra:

- En el extremo derecho del módem satelital visto por la parte posterior, los conectores para la unidad externa del equipo para conexión a 70 MHz o Banda L, estos conectores son utilizados para la transmisión y recepción de la señal proveniente del espacio.
- Un puerto de conexiones Ethernet para red LAN
- Cuatro puertos de salida para conexión con equipos Frame Relay (es posible la conexión de hasta 8 puertos por equipo)
- El puerto de monitoreo y control para el equipo externo.

Debido a que el sistema se basa en un chasis tipo industrial para una computadora personal, también se muestran:

- El puerto del teclado de la tarjeta madre PC, puertos seriales y paralelos para su uso.
- Un puerto de módem analógico de línea conmutada, al cual el cliente debe de conectar una línea telefónica analógica convencional para acceder al equipo, en forma remota, en el caso de que el enlace satelital no estuviese disponible. Normalmente se utiliza para el diagnóstico y actualizaciones del software del equipo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

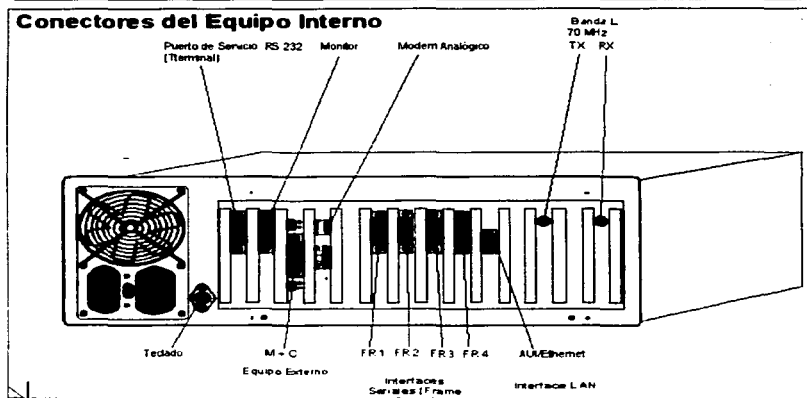


Figura 4.11 Conectores del Equipo Interno ABCS.

La figura 4.10 muestra los componentes principales del sistema, la unidad externa, unidad interna, los módulos SNEC. Módem incluidos en la unidad interna del equipo y el concepto de los puertos de salida Frame Relay que maneja el equipo, la explicación de cada uno de ellos se describe a continuación:

La unidad interna tiene dos interfaces principales, hacia el lado del satélite la etapa moduladora y demoduladora de equipo (módem satelital), y del lado del usuario, las interfaces Frame Relay y Ethernet.

La interface Ethernet es la que permite la integración de las redes LAN del cliente directamente al ABCS, haciendo la función de un "puente satelital" entre dos redes LAN remotas. Esta funcionalidad es muy importante debido que no es necesaria la incorporación de un ruteador para la interconectividad de las redes Locales, permitiendo ahorrar en la inversión inicial.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Computadora de Red Satelital (SNEC Satellite Network Computer)

Las interfaces del usuario tanto de FR como puertos LAN son controlados por el ABCS por una tarjeta de control llamada SNEC. Esta tarjeta además de controlar la operación completa del equipo permite manejar un puerto LAN y hasta 8 puertos seriales de usuario.

También la SNEC se utiliza como un punto final del enlace hacia el canal satelital, manejando los requerimiento de entrada y salida de los equipos terminales y el propio módem, así como los diversos protocolos utilizados en la comunicación del equipo y los de usuario.

Tarjetas Moduladoras y Demoduladoras.

Los datos requeridos para su transmisión por la tarjeta SNEC son manejados directamente por la tarjeta Moduladora. El equipo ABCS utiliza modulación tipo QPSK con un FEC de. Pero otros tipos de FEC se pueden utilizar. Esto provee una suficiente resistencia a los errores en los enlaces satelitales. Las tarjetas Demoduladora y Moduladora son diseñadas directamente por EADS para lograr un máximo desempeño en la parte satelital.

Interfaces de Usuario

La unidad interna ABCS provee interfaces de conexión al usuario para LAN y Frame Relay bajo las siguientes normas:

LAN. Redes de Area Local que cumplan con las características descritas por la IEEE 802.3. Ethernet a 10 Mbit/s puede acceder directamente al puerto mediante el uso de un puerto AUI (Attachement Unit Interface) la cual integra una total funcionalidad de un puente transparente para LAN.

Frame Relay. Los servicios de frame relay pueden ser accedados directamente al equipo a través de puertos seriales con una velocidad máxima de 2048 kbits/s. Los servicios que se pueden integrar pueden ser switches que interconecten redes, dispositivos de acceso como pueden ser ruteadores, FRAD's o multiplexores. El puerto del sistema Frame Relay implementa únicamente la funcionalidad de Usuario a Red (UNI) De acuerdo con las recomendaciones del Foro de Frame Relay FRF 1.1.

Los dispositivos que no cumplan con esta recomendación pueden acceder al equipo mediante el uso de un FRAD, como lo son puerto seriales para HDLC/SDLC, puertos isocronos (sincronos transparentes) y datos asincronos.

El fabricante recomienda y de hecho ha implementado su software de operación con el FRAD marca ACT Networks Inc. Modelo SDM-FP/JFP el cual es un multiplexor de frame relay que integra puertos seriales y de voz al sistema.

Cada puerto serial del equipo puede ser configurado para trabajar con distintos tipos de interfaces eléctricas, pudiendo ser X.21/V.11, RS-449, V.35, RS-232C. Para cada una de ellas se debe integrar su electrónica correspondiente.

La tabla 4.1 describe las posibles interfaces que se pueden ser utilizadas en el equipo con la finalidad de mostrar la diversidad de opciones.

Tipo de Interface	Para Puerto LAN		Para Puerto Frame Relay			
Interfaz Física	AUI 10-Base-2 10-Base-5 10-Base-10		X.21 / V.11 tipo Slik RS-449 / RS-422 V.35 RS-232C			
Velocidad de Enlace	10 Mbit/seg		9.6 kbit/seg – 2048 kbit/seg			
Estándares	IEEE 802.3 Ethernet IEEE 802.1d Spanning Tree		FRF 1.1 Frame Relay ANSI T1.617, LMI 1.0			
Funcionalidad Integrada	Puente LAN Transparente Integrado		Switch Integrado de FR Dispositivo de Acceso para Frame Relay Integrado			
Dispositivos Externos que pueden utilizar		Ruteador		FRAD	Multiplexor FR	
Aplicaciones	LAN Ethernet	LAN Token Ring	Interface Usuario a RED FR – UNI	HDLC Isocrono/ Asíncrono, X.25	Interfac e de Datos	Interface para PBX, Voz y Fax
Tipo de Red	Area Local	Area Local	Frame Relay	Swicheada o Punto a Punto	Punto a Punto	Telefonía Publica y Privada
Acceso hacia	Redes LOCALES		Dispositivos de Frame Relay y Redes Frame Relay	Dispositivos de comunicación tipo serial y Redes de datos		Redes de Voz y Fax

Tabla 4.1 Posibles Interfaces del equipo ABCS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Canal de Comunicación Satelital

En una red ABCS, las estaciones terrenas (En adelante las denominaremos "estaciones") son interconectadas vía satélite, usando TDMA como esquema de acceso al canal satelital. Todas las estaciones son iguales en el sentido de que pueden transmitir y/o recibir desde el mismo canal de satélite a la máxima tasa de datos (en diferentes momentos de tiempo, lo cual es el principio del TDMA). Por eso el TDMA encuentra las bases para una red completamente mallada, proveyendo conectividad de un sólo salto entre las estaciones. Un Protocolo de Canal de Acceso (TDMA) flexible para explotar las ventajas inherentes del TDMA, dentro de las cuales destacan una demanda dinámica, orientada a compartir la capacidad de transmisión disponible.

En resumen, el canal de comunicación satelital puede ser definida como un medio con las siguientes características:

- Todas las estaciones dentro de la cobertura de la antena de satélite, tienen la misma conectividad de red, independiente a su ubicación geográfica.
- Debido al pequeño diámetro del plato de antena, las estaciones pueden ser instaladas en el inmueble del usuario, evitando líneas de acceso terrestre (enlace última milla).
- La capacidad de transmisión, la cual es disponible para una red es orientada a compartirse dinámicamente sobre demanda entre las estaciones de la red.
- Debido a la enorme distancia que existe entre un satélite geostacionario y una estación terrena (36000 a 42000 Km) el retraso de la señal propagada es alrededor de 250 a 270 ms.

Estación Maestra

Aunque se menciona que todas las estaciones en la red son las mismas, existen algunas funciones TDMA que tiene que ser ejecutadas centralmente, por una estación de referencia (Maestra). Primero, la maestra efectúa la programación de la transmisión de cada estación, esto es, recibe los requerimientos de todas las estaciones, las evalúa, genera los planes de Frame TDMA, y las comunica a las otras estaciones. Segundo la maestra genera la referencia de tiempo para un coordinado acceso de canal (Sincronizado). No hay requerimientos de Software o Hardware especial en una estación maestra, de hecho cada estación de la red puede ocupar el papel de maestra, existe también una estación maestra de respaldo, quien en caso de falla toma las funciones de la estación maestra principal, el papel de la estación maestra es independiente a cualquiera de las actividades de manejo de la red, por ejemplo el manejo central de la red y la estación maestra no necesitan estar co-localizada.

Nodos de la Red

Desde el punto de vista de red, las estaciones son los *nodos de la red*, proporcionando conexión a otras redes o módulos de usuario, ejecutando conmutación y ruteo de paquetes de datos. Debido a la naturaleza del canal de satélite, discutido antes una red ABCS típicamente involucra muchos nodos de red con únicamente unas pocas líneas de acceso.

La conmutación de Paquetes es usada como la técnica fundamental de conmutación de paquetes, debido a que soporta la explotación económica y eficiente de capacidad de transmisión y pone la base para la integración de los servicios en tiempo real y no real. Básicamente una red TDMA consiste de dos redes (independiente), Un sistema puente LAN (Ethernet) y una red Frame Relay.

Arquitectura del Sistema

Unidad Externa y Antena

Como un sistema convencional tipo VSAT, cada estación consiste de una unidad interna y una externa. La unidad externa es un equipo que incluye tanto la etapa de transmisión como la de recepción en una misma unidad, las antenas utilizadas son generalmente de entre 1.8m a 3.8m de diámetro.

La óptima configuración para el tamaño de Antena a seleccionar y la potencia del amplificador debe ser calculada por separado, basándose en los requerimientos del usuario.

Descripción del Sistema

Unidad Interior

La Unidad Interior consiste de una cubierta industrial para PC de 19", la cual contiene las tarjetas de interface y procesamiento hacia la estación de la red, para interconectarse con los usuarios y convertir las señales hacia la Unidad Exterior, esta contiene, una tarjeta principal tipo PC con procesador Pentium, Un disco Duro, Una tarjeta de video VGA para conectar un monitor externo y los módulos propietarios ABCS.

Los módulos propietarios ABCS son: La tarjeta Moduladora, La Demoduladora, la computadora de red satelital (SNEC), La tarjeta de monitoreo y control del equipo externo, el módem de línea analógica y un numero variable de tarjetas para conexión serial, Frame Relay y LAN.

El hardware es del tipo modular y se puede utilizar en cualquier estación terrena.

Componentes de la PC de Inicio.

Todos los componentes y módulos utilizados por el sistema requieren de una computadora integrada para poder iniciar su funcionamiento, debido a que todos los parámetros de trabajo de cada una de las estaciones y configuración de la estación terrena se guardan en archivos de texto, la computadora integrada al equipo lee del disco duro estas configuraciones necesarias para el equipo. Todas las tarjetas y módulos (excepto la de puertos seriales) se comunican entre sí mediante el uso del bus tipo AT de la computadora de inicio, mediante este son cargados a cada módulo sus parámetros de trabajo y se monitorea el estado de cada uno de ellos. El disco duro también incluye el software propietario para realizar la carga de parámetros a cada tarjeta, este software de operación se carga directamente en la tarjeta SNEC de forma automática una vez que se enciende el equipo. La estación entonces comienza su proceso de inicio y se incorpora automáticamente a la red.

Módem Satelital

Las tarjetas Moduladora y Demoduladoras se interconectan al bus AT de la computadora de inicio, en modo normal de operación no pueden ser modificados ninguno de los parámetros de trabajo cargados en ellas. La característica principal de estas tarjetas es que utilizan un esquema de acceso al satélite tipo TDMA con un tiempo de adquisición de datos y proceso demasiado bajo antes de una nueva transmisión. Estos módulos tienen la capacidad de sintetizar frecuencias de Transmisión y Recepción en periodos de 20 microsegundos, con ráfagas de Transmisión de hasta 2048 kbits/seg.

El tipo de modulación empleada es QPSK y al utilizarla hasta 2 bits son transmitidos por paso de modulación, por lo que una velocidad de modulación de 1024 kbaud corresponderá a los 2048 kbits/seg. Aplicando un Factor de corrección de errores FEC de $\frac{1}{2}$, se adiciona un bit mas por cada bit transmitido de información. Así que al aplicar una modulación QPSK al módem con un FEC de $\frac{1}{2}$ y una velocidad de 2048 kbaud, corresponderán exactamente a los 2048 kbit/s.

El ancho de banda equivalente se obtiene multiplicando la velocidad de modulación por un factor de 1.14, mientras que el espacio requerido por canal incluyendo guardas se calcula con un factor de 1.4

Ejemplo

La tabla 4.2 muestra una lista de las características de velocidades de modulación y sus anchos de banda resultantes.

Velocidad de Modulación Empleando QPSK con FEC de 1/2 (kbaud)	Velocidad de Canal(kbit/s)	Ancho de Banda Equivalente (kHz)	Ancho de Banda requerido en el transpondedor incluyendo guardas (kHz)
64	64	73	90
128	128	146	180
512	512	584	717
1024	1024	1167	1434
2048	2048	2335	2867

Tabla 4.2 Comparación de Anchos de Banda Requeridos para diferentes velocidades.

Teóricamente, con un $E_b/N_0 = 12$ dB, la calidad del enlace con señal QPSK no debe exceder de 1×10^{-7} . En la practica para lograr esta calidad del enlace con un $E_b/N_0 = 7$ dB es suficiente.

Tarjeta SNEC

La Tarjeta de Computadora de Nodo de Red de Satélite (por sus siglas en inglés SNEC) controla las interfaces de usuario de la estación ABCS. Maneja los datos hacia la tarjeta moduladora y desde la tarjeta demoduladora, maneja las colas de entrada y salida, ejecuta el manejo de protocolo y manejo de tareas.

La tarjeta SNEC esta equipada con siete transductores denominados ROOT, BRIDGE, SAT, PACK, UNPACK, SWITCH y SAR. La comunicación entre transductores es efectuada a través de enlaces, la velocidad de los enlaces puede ser de hasta 2 Mbit/s.

El transductor ROOT se comunica via el bus ISA con el CPU-PC. Por otro lado, este transductor tiene la posibilidad de almacenar datos en una RAM no - volatil con una memoria d000e 4 Kbit.

El transductor BRIDGE se comunica con un controlador Ethernet sobre una memoria compartida.

El transductor UNPACK, SAT, PACK y SAR, son usados como nodos para múltiples funciones de software en la red transductora. El transductor SAT se comunica sobre dos enlaces con el modulador y demodulador. Estas señales de enlace son cambiadas a niveles de señal V.11.

El último Transductor a mencionar, es el transductor SWITCH. El cual es utilizado para controlar todas las necesidades de reloj, ya sea fuera de tarjeta o dentro de tarjeta.

Por otro lado, se proveen cuatro ranuras de módulo de transductor (por sus siglas en inglés TRAM). Dos de ellos son equipados con TRAMs de Enlace Serial, que maneja la interface de usuario vía módulos SLIK conectados.

Todos los transductores son equipados con RAM de 4 Mbyte, excepto UNPACK, que es equipado con RAM de 16 Mbyte.

Interface de Línea Serial

El Modulo-SL es la interface entre los puertos de línea (física) serial, accediendo a la red Frame Relay y al Modulo switch. El ambiente del Hardware es provisto por TRAMs, conteniendo los controladores de comunicación.

Las Tareas del Módulo-SL son:

- Entrada de datos de usuario y envío al Switch
- Salida de datos de usuario recibidos del Switch
- Manejo de Prioridad
- Transferencia de Información entre Root y Switch
- El SLIK X.21 provee los convertidores necesarios de las señales TTL a las señales apropiadas X.21, y las adapta al conector de interface X.21.
- El SLIK V.35 provee los convertidores necesarios de las señales TTL a las señales apropiadas V.35, y las adapta al conector de interface V.35.
- El SLIK RS 449 provee los convertidores necesarios de las señales TTL a las señales apropiadas RS 449, y las adapta al conector de interface RS 449.
- El SLIK RS 232 provee los convertidores necesarios de las señales TTL a las señales apropiadas RS 232, y las adapta al conector de interface RS 232.

Bridge

El Modulo-Bridge tiene una interface de transductor dedicado a un controlador Ethernet. La tarea Principal, consiste en proveer la funcionalidad de un Bridge de Capa - MAC.

Adicionalmente el Modulo-Bridge contiene un apilamiento de protocolo IP. Los paquetes ICMP son directamente tratados al Bridge (ejemplo PING), otros paquetes IP son pasados al Modulo Agente o Raíz.

En Resumen las tareas del Bridge son:

- Protocolo Bridge Transparente. Capa-MAC
- Apilamiento de Protocolo IP

Tarjeta Moduladora

El modulador genera una señal saliente TDMA Multi-Frecuencia modulada - QPSK, en el rango de banda L, basado sobre el dato de usuario provisto via la interface RS-422 desde la tarjeta SNEC.

La Frecuencia Portadora (y tasa de datos, únicamente Mod. B) de cualquier ráfaga también será comandada la SNEC via la interface de control RS-422.

La señal de salida del modulador, con las frecuencias requeridas y nivel de potencia es provisto por un conector SMA que se alimenta dentro de la Unidad Exterior via un cable coaxial.

El modulador será enviado y configurado via el bus de interface estándar ISA.

Una revisión general acerca de los componentes del modulador es dado en la figura 4.12 Diagrama a Bloques del Modulador

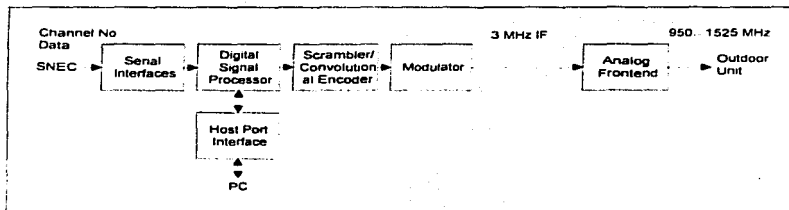


Figura 4.12 Diagrama a Bloques del Modulador

La tasa símbolo del modulador puede ser ajustada desde 64 Kbaud hasta 2048 Kbaud. El modulador puede también ser configurado para codificación convolucional para codificación con tasas código $r = 1/2$, $r = 3/4$ y $r = 7/8$, longitud estrecha $K=7$.

Tarjeta Demoduladora

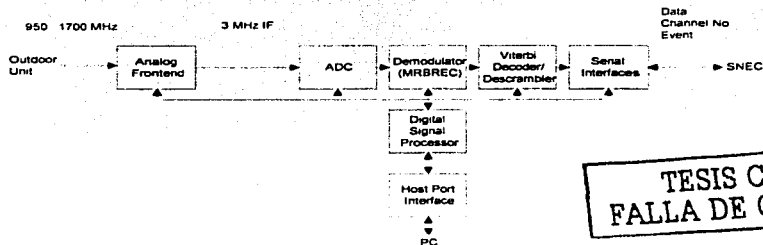
El demodulador convierte el dato de red necesario, fuera de la señal de banda L provista por la Unidad Exterior en paquetes de datos seriales, que serán proveidos a la tarjeta SNEC, para mayor procesamiento.

Por eso, convierte la señal recibida en banda L en múltiples estaciones descendentes a una señal de 3 Mhz en FI, que será demodulada dentro del dispositivo correspondiente, el modulo receptor de multi velocidad, (MRBREC) Las muestras de salida de este modulo son calculadas dentro del decodificador Viterbi, donde la Corrección adelantada de Errores (por sus siglas en Ingles FEC) será aplicada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Todos estos módulos son controlados por un circuito DSP, el cual maneja también las interfaces hacia la tarjeta SNEC y la PC.

Un vistazo general acerca de los componentes principales del demodulador son dados en la figura. Diagrama a Bloques del Demodulador. Ver figura 4.13



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 4.13 Diagrama a bloques del Demodulador

Referencia de 10 MHz

La tarjeta de referencia provee una señal altamente estable para el modulador ABCS, el demodulador y la unidad exterior. Además, de una señal de reloj altamente estable es provista para la tarjeta SNEC.

La señal de salida de la estabilidad requerida y un espectro puro es generado por un oscilador de cristal, que es luego alimentado dentro de una red de distribución apropiada, que amplifica la señal de salida del oscilador al nivel de potencia de salida requerido y asegura el suficiente aislamiento entre los diferentes puertos de salida.

La tarjeta de referencia provee cinco señales de salida, cuatro señales de onda senoidal y una señal de onda cuadrada. Las salidas de onda senoidal son designadas:

- Modulador de referencia
- Demodulador de referencia
- Unidad de referencia exterior
- Reserva

La señal de onda cuadrada sirve como la señal para la SNEC.

Multiplexor FI

La tarjeta multiplexora de FI multiplexa la señal de salida del modulador a banda L (Patrón de Transmisión) y la señal de salida de 10 Mhz de la tarjeta de referencia de 10 Mhz (Patrón de referencia de 10 Mhz) sobre una línea de transmisión individual conectada a la Unidad Exterior e Interior. Ver figura 4.14

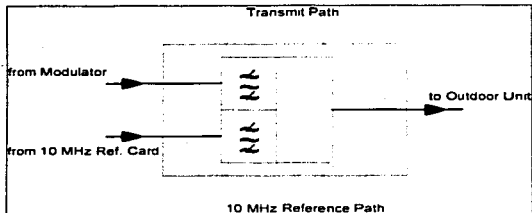
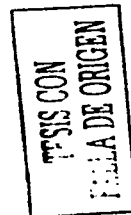


Figura 4.14 Flujo de Señal del Multiplexor FI



Unidad Exterior

La Unidad Exterior será equipada con nuevos radios en banda L, tanto para operación en banda C como Ku (12-14 Ghz). La interface en banda L, permite el acceso total al ancho de banda manejado por el satélite

BUC

El convertidor a bloques ascendente convierte y amplifica la portadora en banda L (950 Mhz-1525 MHz), proveniente de la Unidad Interior a la banda Ku, con rangos de potencia de 2W para banda C y 5 W para banda Ku. Los BUC's conducen a los amplificadores de potencia para entregar potencias de salida de hasta 40 watts en Banda Ku y 60 Watts en banda C.

LNB

El convertidor descendente de bloques a bajo ruido (por sus siglas en inglés LNB), convierte la señal de banda C o Ku a una señal en banda L (950 Mhz-1700 MHz).

Amplificador de F.I.

El amplificador de F.I es usado para amplificar las señales entre la Unidad Interior y la Unidad Exterior, para el caso en que la longitud de los cables de interconexión sea mayor a 100 metros.

Bias T

El Bias T multiplexa la potencia de CD desde la fuente de potencia localizada en el interior con la transmisión en banda L y la señal de referencia de 10 MHz y sobre el cable que va a la Unidad Exterior, para soportar la operación del radio de hasta 10 Watts de potencia de salida.

Antena

Se sugiere el uso de las antenas Prodelin, cuyos diámetros a seleccionar es de 1.8 a 3.8 metros.

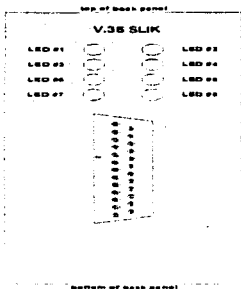
Interface de Datos Serial V.35

La Unidad Interior ABCS soporta hasta cuatro interfaces serial de datos, que son referidas como puerto 2, puerto 3, puerto 4 y puerto 5, las interfaces seriales proveen el reloj, datos y señales de control para conectar un módulo de usuario como DCE o DTE a la terminal satelital ABCS, cada interface serial es totalmente controlada por software para operar en modo DTE o DCE. Ninguna modificación de software tiene que ser hecha en el campo al Switch entre la función de la interface DCE y DTE. El modo DTE es usado para conectar un módulo DCE como un módem o DSU sin la necesidad de un cable cruzado. En el modo DCE un cable directo es usado para la conexión de un modulo DTE.

La configuración de los puertos seriales es recuperado durante el inicio del sistema desde el parámetros incluidos en archivos dentro del disco duro del equipo. Cuatro tipos de interface serial son actualmente disponibles. Los tipos de interface soportadas son X.21, V.35, RS-449 y RS-232. Módulos de Hardware diferente, llamados Kits de Interface de Línea Serial (por sus siglas en inglés SLIK), son usadas para los tipos de interface individual. Por cada puerto serial, la unidad interior ABCS tiene que ser equipada con el módulo SLIK deseado.

Cada interface serial es equipada con diodos emisores de luz (LED), para reflejar el estado operativo del enlace serial. Los LED's están localizados en la parte posterior del panel por encima del conector de interface, dos hileras de LED's rojos informan de la actividad del tráfico en direcciones de entrada y salida. Los LED's verdes son usados para la presentación del Status de las señales de control. El arreglo de los LED's y sus funciones es mostrado para los tipos en la figura 4.14.

La interface serial V.35, provee el reloj, las señales de control y datos para conectar un modulo DCE V.35 y un DTE V.35 hacia la unidad interior ABCS. La interface es mostrada en la figura 10, en donde un conector hembra DB-25 es utilizado para el modo de operación DTE y DCE, las asignaciones de pin en el conector son dadas por la tabla 4.3 y 4.4.



LED #1, #2	TD Traffic (red colour) Both LEDs flash in a contrary way when data is received/transmitted via the TD lead
LED #3	RLSD Status (green colour) Lights when the RLSD signal is in state "ON"
LED #4	DTR Status (green colour) Lights when the DTR signal is in state "ON"
LED #5	CTS Status (green colour) Lights when the CTS signal is in state "ON"
LED #6	RTS Status (green colour) Lights when the RTS signal is in state "ON"
LED #7, #8	RD Traffic (red colour) Both LEDs flash in a contrary way when data is received/transmitted on the RD lead

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Figura 4.14 Arreglo de Leds para la interface serial V.35

DB-25Pin	Señal X.21	Descripción de la señal	Dirección de la Señal
9	RD A	Recibe datos A	Salida
10	RD B	Recibe Datos B	Salida
12	SD A	Envia Datos A	Entrada
11	SD B	Envia Datos B	Entrada
8	RTS	Requiere Enviar	Entrada
25	CTS	Limpiar para enviar	Salida
6	DTR	Terminal de Datos Lista	Entrada
4	RLSD	Detector de Linea Serial Recibido	Salida
20	DSR	Juego de Datos Recibido	Salida
19	SCTE A	Transmisión serial de reloj Extr. A	Entrada
18	SCTE B	Transmisión serial de reloj Extr. B	Entrada
23	SCT A	Transmisión serial de reloj A	Salida
16	SCT B	Transmisión serial de reloj B	Salida
22	SCR A	Recepción serial de reloj A	Salida
21	SCR B	Recepción serial de reloj B	Salida
7	SG	Señal de tierra	---

Tabla 4.3 Asignación de pin de conector para la interface serial V.35 DCE

DB-25Pin	Señal X.21	Descripción de la señal	Dirección de la Señal
9	RD A	Receive Data A	IN
10	RD B	Receive Data B	IN
12	SD A	Send Data A	OUT
11	SD B	Send Data B	OUT
8	RTS	Request to Send	OUT
25	CTS	Clear to Send	IN
6	DTR	Data Terminal Ready	OUT
4	RLSD	Received Line Signal Detector	IN
20	DSR	Data Set Ready	IN
19	SCTE A	Serial Clock Transmit Ext. A	OUT
18	SCTE B	Serial Clock Transmit Ext. B	OUT
23	SCT A	Serial Clock Transmit A	IN
16	SCT B	Serial Clock Transmit B	IN
22	SCR A	Serial Clock Receive A	IN
21	SCR B	Serial Clock Receive B	IN
7	SG	Signal Ground	--

Tabla 4.4 Asignación de pin de conector para la interface serial V.35 DTE

Interface Ethernet

La unidad interior ABCS contiene una interface de unidad agregado (por sus siglas en Inglés AUI). Un transceiver correspondiente para conexión a una LAN de acuerdo con el estándar Ethernet o IEEE802.30 o ISO8802-3 y que respectivamente, pueden ser provistos. Los requerimientos específicos en estos estándares. Con respecto a las distintas interfaces; aplican de una manera similar de cómo es específico para conexión de otras componentes de red tal como sucede con una computadora host, bridge y routers. El conector AUI tiene una asignación de PIN. Como se muestra en la tabla 4.5.

Pin:	Señal:	Pin:	Señal:	Pin:	Señal:
1	GND	2	ControlIn+	3	DataOut+
4	GND	5	DataIn+	6	GND
7	Nc	8	GND	9	ControlIn-
10	DataOut-	11	GND	12	DataIn-
13	+12 Volt	14	GND	15	nc

Tabla 4.5 Asignación de pin para conector AUI

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Satélite

El satélite es el recurso para la capacidad de transmisión. Se tiene que asegurar el espacio satelital donde operara el sistema ABCS. La interface de acceso a satélite es diseñada para operar con todos aquellos satélites con transpondedores en banda C y Ku.

Cada estación opera en una banda de frecuencia continua de hasta 500 Mhz.

La transmisión y recepción de frecuencias son independientemente seleccionables en pasos de 1 Hz.

La estabilidad de frecuencia es:

- Temperatura por encima de: $\pm 2 \times 10^{-8}$
- Por día: $\pm 1 \times 10^{-8}$
- Por año: $\pm 1 \times 10^{-7}$

La temperatura de ruido del LNB no exceda de 120 °K para banda Ku y 40 °K para banda C.

El Mod. Soporta el modo TDMA de canal-individual

El Mod. B/C debe soportar el modo TDMA multicanal por cambio de frecuencia y la velocidad de datos de ráfaga a ráfaga.

El esquema de modulación usado es QPSK.

Las siguientes velocidades de datos de usuario y tasas de FEC pueden ser soportadas:

Tasa de FEC	Rango de Velocidades de Datos de Usuario en Kbit/s	Medida de Paso en bit/s	Relevante para HW:
1/2	64 a 2048	1	Mod. A/B
3/4	96 a 2048 001	3	Mod. A/B
7/8	112 a 2048 004	7	Mod. A/B
1/1	128 a 2048	2	Mod. A/B
3/4	96 a 3072	3	Mod. C
7/8	112 a 3584	7	Mod. C
1/1	128 a 4096	2	Mod. C

Tabla 4.5 FEC y Velocidades de Datos de Usuario

Interface en Banda Ku

Las Frecuencias de Transmisión y Recepción son seleccionadas de acuerdo al estándar en banda Ku

- Transmisión(Tx) 14.00 - 14.50 GHz
- Recepción (Rx) 10.95 - 12.75 GHz (excepto entre la banda de 12.20 y 12.25 GHz)

Sub-bandas para LNB:

Tipo LNB	LNB I	LNB II	LNB III
Rango de frecuencia de entrada	10.95 - 11.7 GHz	11.7 - 12.2 GHz	12.25 - 12.75 GHz
Frecuencia LO	10 GHz	10.75 GHz	11.3 GHz
Rango de FI	950 - 1700 MHz	950 - 1450 MHz	950 - 1450 MHz

Tabla 4.6.- Sub Bandas LNB, Banda Ku

El PIRE es afectado por:

- El diámetro de la antena (ganancia de transmisión de la antena)
- La potencia de salida del amplificador (potencia SSPA)

Así que, las siguientes opciones son disponibles para el ODU

Potencia SSPA: (salida de 1dB punto de compresión)	2 W	4 W	8 W	16 W	25 W	40W
Diámetro de la antena.						
1.8 m	48.7 dBW	52.7 dBW	54.8 dBW	57.8 dBW	60.7 dBW	62.7 dBW
2.4 m	51.4 dBW	55.4 dBW	57.5 dBW	60.5 dBW	63.0 dBW	65 dBW
3.7 m	54.7 dBW	58.7 dBW	61 dBW	64 Dbw	66.7 dBW	68.7dBW

Tabla 4.7 PIRE de la Interface en Banda Ku

La figura de mérito (G/T) es afectada por:

- El diámetro de la antena (ganancia de recepción de la antena) y
- Temperatura de ruido (antena y LNB)

Temperatura de ruido del LNB:	120 K
Diámetro de la antena:	
1.8 m	21.9 dB/K
2.4 m	24.6 dB/K
3.7 m	28.4 dB/K

Tabla 4.8 Parámetros del sistema G/T a 12 GHz, cielo limpio, 10° Grados de Elevación

Sincronización:

La SNEC inicia la transmisión con el número de byte de canal. El modulador conoce inmediatamente. La SNEC transmite el primer byte de datos (con información de encabezamiento TDMA) y espera por el reconocimiento del Modulador. En el medio de tiempo el modulador inicia sus circuitos. Después de reconocerlos, La SNEC provee los datos sin retraso hacia el modulador. El final de la ráfaga de datos será indicada hacia el modulador por un espacio de tiempo entre el último byte de datos y el siguiente byte de número de canal.

Esta vez es necesario asegurar, que la ráfaga precedente haya pasado completo hacia la parte del modulador digital. Lo principal de la sincronización es mostrada en la figura 4.15.

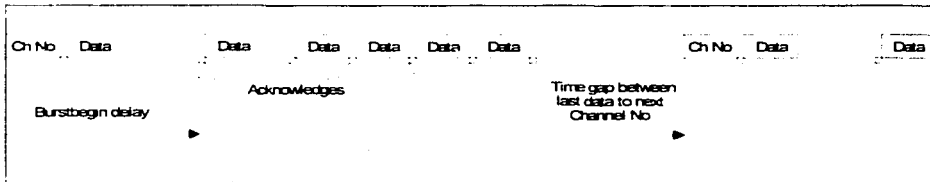


Figura 4.15 Sincronización de Protocolo entre la SNEC y el Modulador

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

El espacio de tiempo requerido entre las ranuras depende de la tasa de símbolos usados. La tabla 4.9 muestra algunas tasa de tiempo y los espacios de tiempo correspondiente.

Tasa de símbolos k-baud	Espacio del tiempo µs
64	244
128	138
256	86
512	59
1024	46
2048	40

Tabla 4.9 Espacio de Tiempo para Protocolo del Modulador

PROTOCOLO SPOTNET-SC

Introducción

El protocolo de acceso a satélite, manejado por equipo ABCS es denominado SPOTNET. La asignación de capacidad de canal es organizada en un control centralizado, una estación Maestra recibe todos los requerimientos, genera los planes de trama de acuerdo a esta información y tramite los planes de trama en una ranura de tiempo dedicada. Las características más importantes son la incorporación de aplicaciones de flujo orientado y datagrama orientado dentro de una trama de TDMA y la capacidad para asignar un volumen específico de transmisión mínimo garantizado, para cada estación

Trama TDMA

La unidad básica de tiempo es la ranura (Slot), la longitud de una ranura de tiempo puede ser individualmente seleccionada para una red y permanecer constante durante la operación. Una ranura porta el control de información de la red y/o datos de usuario. Un número selecto de ranuras constituye una trama de tiempo. Esta puede ser dividida hasta en dos partes, una pequeña sub - trama de asignación fija y un gran sub - trama de asignación dinámica. Ver figura 4.16 .

En la sub trama de asignación fija, las ranuras son dedicadas a las estaciones, la primer ranura es siempre asignada a la maestra para la transmisión del plan de trama.

El número de tramas requeridas para consumir una ranura por estación es denominado supertrama. La asignación en esta subtrama es repetida en cada supertrama. Una supertrama, por consiguiente, es el máximo tiempo que una estación operativa puede utilizar, para transmitir hacia el satélite.

En la subtrama de asignación dinámica, las ranuras son asignadas a las estaciones de acuerdo a sus demandas. Cada ranura es identificada de acuerdo a su posición, en la trama de tiempo (fija) y puede acceder independientemente de otras ranuras, no existen restricciones con respecto a las secuencias en las que la estación consigue las asignaciones de ranuras, las ranuras que no son asignadas sobre el requerimiento (ranuras libres) son igualmente compartidas por las estaciones hacia los paquetes de datos de transmisión con un retraso bajo y darles la oportunidad de reservar para mayor capacidad.

Como una opción, es posible cambiar las reglas de asignamiento para ciertas estaciones en la red tal que su asignación de capacidad de stream se toma fuera de los medios de las estaciones del throughput garantizado. Ninguna distribución de stream será posible más allá de los límites para esta estación.

Nota: Con esta opción la provisión de CIR (Committed Information Rate) en los PVCs para el Frame Relay básico pueden violarse. Esta opción es destinada para aplicaciones donde en una red compartida con throughput mínimo, solo puede excederse con datos de tráfico de tiempo no real, puede asignarse a usuarios.

Reservación de Capacidad de Canal

Procesamiento Local de Control de Información:

La transmisión y recepción vía satélite es ejecutada por un módulo de software que corre sobre un transductor dedicado perteneciente al sistema multi transductor que constituye la Computadora de Nodo de Red Satelital (SNEC). Este módulo es referido al módulo de acceso a satélite (Módulo Sat). En este tema la parte restante del SNEC, por razones de simplicidad es llamada despachador. El software para el Sat-Módulo puede ejecutar las tareas de una estación esclava, así como las tareas de la estación maestra.

Básicamente, el Módulo Sat ejecuta su tarea en cooperación con el despachador local y la estación maestra en la red. Primero se describe la cooperación con el despachador.

El proceso de reservación es basado sobre los siguientes parámetros.

Throughput Permanente:

Denota la capacidad de transmisión provistas por el número de ranuras por trama de tiempo y que las estaciones tienen permanentemente reservada, el throughput Permanente tiene que ser dimensionado de tal manera de que todas las aplicaciones en tiempo real tienen que ser cubiertas (no tolerante a perturbaciones), estas aplicaciones incluyen voz y vídeo. Una estación anuncia un requerimiento de flujo, para adquirir su throughput Permanente.

Throughput Garantizado:

Denota la capacidad de transmisión provista por el número de ranuras de tiempo, que las estaciones pueden reservar, bajo cualquier circunstancia, estas ranuras no son siempre reservadas, si únicamente la estación requiere capacidad de transmisión adicional. El Throughput Garantizado cubre los CIR de PVCs, la suma de los throughput garantizados y permanentes, que pueden no exceder la capacidad del canal.

Introduciendo un parámetro asociado, el manejador de la red puede determinar el límite para la capacidad total de canal disponible para el throughput permanente y garantizado, por debajo de la capacidad máxima de canal. Una lista actual de Throughput Garantizado, para cada estación en la red es almacenado en la estación maestra (y estación de respaldo)

El despachador sirve a las colas de entrada de datos y ensambla bloques de datos para transmisión vía satélite, estos bloques de datos son llamados "contenedores" y consiste de un identificador (overhead) y fragmentos de paquetes de usuario (carga útil). En el Módulo-Sat el contenedor es puesto dentro de una ráfaga, iniciando con preámbulo, palabra única y un encabezamiento-TDMA, finalizando con una cola-codec (si el FEC es aplicado), la ráfaga es transmitida dentro de una ranura de tiempo, donde la longitud de ranura de tiempo es dada por la longitud de la ráfaga más un tiempo de guarda necesario para separar dos transmisiones de diferentes estaciones. El Módulo-Sat intenta adquirir un número suficiente de ranuras por trama de tiempo TDMA para vaciar la cola reportada por el despachador.

El Módulo-Sat señala hacia el Despachador, siempre que exista una oportunidad para transmitir, dentro de una ráfaga. Esto lo hace en un lapso de tiempo fijo, en avance para permitir que el despachador llene una ranura y la haga disponible para transmisión.

Junto con la ranura, el despachador sigue la siguiente información hacia el Módulo-Sat:

- Flujo requerido para throughput permanente (bit/s).
- Requerimiento dinámico derivado de la longitud de cola de transmisión compuesto (byte).

El Módulo-Sat periódicamente reconoce lo siguiente:

- Valor actual para throughput propietario permanente (bit/s).
- Valor proporcional hacia la capacidad de transmisión de red amplia remanente para flujo (bit/s).

Un throughput permanente es asignado en incrementos discretos dados por la capacidad de transmisión relativa a una ranura de tiempo por trama TDMA.

Si, por un instante una ranura contiene 200 byte de datos de usuario y la longitud de trama es de 100 ms, entonces 2000 byte/s o 16 kbit pueden ser llevados por una ranura por trama.

Procesamiento Central de Requerimientos:

Un Generador de Plan de trama en la estación maestra produce planes de tramas de acuerdo a los requerimientos recibidos. Estos planes de trama son distribuidos hacia las esclavas para organizar sus transmisiones, vía el canal satelital.

Existen dos tipos de requerimientos: requerimiento de flujo y requerimiento dinámico. Los requerimientos de flujo son para una tasa de datos específica y constante en una asignación directa de ranuras de tiempo por trama. El requerimiento dinámico es una entrada a un procesador, que calcula una asignación de ranura, basada en múltiples parámetros.

Una asignación de ranura es de los siguientes tipos:

- Flujo (no adjudicable), para proveer un throughput, con aplicaciones a ciertos servicios como voz.
- Ranura garantizada (no-adjudicable): A cada estación un throughput mínimo es asignado (puede también ser 0), que corresponde a una Tasa de Información Prometida (por sus siglas en inglés CIR). Una estación conseguirá ranuras requeridas, para vaciar su cola bajo cualesquier circunstancias tan larga que no exceda su throughput garantizado.
- Ranura Adjudicable: Si las ranuras están disponibles, ellas serán asignadas a estaciones que tienen un demanda y tiene excedido su throughput garantizado.
- Ranuras Libres: Si las ranuras son liberadas, i.e. no hay reservaciones sobresalientes, entonces estas ranuras son asignadas a las estaciones en una moda "round robin".

Las ranuras son asignadas de acuerdo a las siguientes reglas:

La suma total del throughput garantizado de todas las estaciones puede no exceder, el número de ranuras en la subtrama de asignación dinámica, lo anterior para satisfacer la garantía, en cualquier momento.

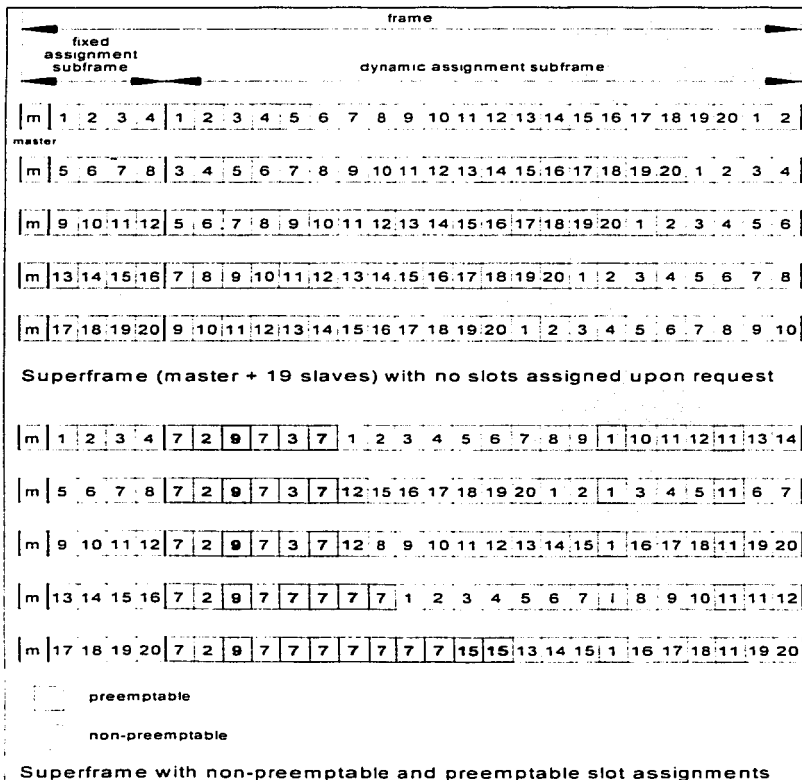
El Generador de Plan de Trama, intenta asignar tantas ranuras a una estación dentro de un trama como sea requerido, para mantener el requerimiento dinámico reportado, si el requerimiento dinámico es menor o igual al throughput garantizado, el número de acuerdo de las ranuras garantizadas será asignada. Si el requerimiento dinámico es más alto que el throughput garantizado, una asignación de ranuras adjudicables proporcional a la diferencia de requerimiento dinámico y throughput garantizado de cada estación, será llevado a cabo.

Las ranuras de flujo pueden ser asignadas hasta un número, donde las ranuras garantizadas más las ranuras de flujo, no excedan el número de ranuras en la subtrama de asignación dinámica. Las ranuras de flujo son asignadas sobre requerimiento, si la capacidad de flujo es disponible. Las ranuras son no adjudicables y son asignadas hasta que sean actualizados por la red.

Las ranuras que son vaciadas después de todos los requerimientos han sido complementados y son asignados a todas las estaciones en un modo "round robin".

La maestra observa si las estaciones esclavas pasan a modo inactivo. Si por un número especificado de tramas, ninguna estación requiere asignación de tramas.

El plan de trama es transmitido, en la primera ranura de cada trama. Es ejecutado M tramas después de su transmisión, donde M es suficientemente extenso para cubrir el retraso de propagación del satélite de la estación con la más grande distancia hacia el satélite. Por eso, es asegurado que la estación con una más corta distancia no ejecuta tempranamente el plan de trama.



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Figura 4.16 Estructura de trama y supertrama TDMA

El módulo TDMA de cada estación tiene que informar periódicamente a su Switch Frame Relay local (por sus siglas en inglés FRS), acerca de la capacidad de flujo actual de la estación y acerca de la capacidad actual de flujo y acerca de la capacidad de flujo que esta aun disponible para las estaciones. El FRS necesita esta información para manejar el ajuste de llamadas.

Las estaciones que trabajan en modo, pueden extraer estos valores de las ráfagas de referencia, debido a que las ranuras de flujo son indicadas por un descriptor de campo y la capacidad de flujo de red disponible es almacenada en la cola del plan de trama. Todas las estaciones trabajan en este modo de flujo, tomando el flujo de salida de un poleo común, por tanto hay un riesgo sobre escribir el inicio de una llamada. Para minimizar este riesgo, el TDMA reporta únicamente la mitad de flujo de red disponible hacia el FRS.

Las estaciones que necesitan su throughput garantizado del flujo de red disponible para informar al FRS. El TDMA reporta, el flujo total disponible hacia el FRS que es dada por la diferencia del troughput garantizado de la estación y la capacidad de flujo usado por la estación. En contraste que como se efectúa del modo de flujo no garantizado, en el modo garantizado no hay riesgo de sobre escritura, esto es debido a que cada estación usa su propio flujo de poleo, por tanto otras estaciones no pueden disponer de esta capacidad.

El modo de flujo y tablas de throughput garantizado son almacenadas en archivos en la maestra (y la estación de respaldo). Para hacer esta información disponible para todas las estaciones, tiene que ser distribuida dentro de la red satelital, en grandes redes ésta es bastante información y estos valores no son estáticos, debido a que pueden ser cambiados vía NMS. Así que, un compromiso entre una distribución más rápida y una capacidad de canal requerido tiene que ser hecha.

Cada ráfaga de referencia consiste de un encabezamiento, un plan de trama, un campo de información de ranura de flujo, y una cola. Por medio de la cola las estaciones son informadas acerca de la disponibilidad de capacidad de flujo de la red, tiempo de transmisión de ráfaga de referencia, modo de flujo y de throughput garantizado.

El principal reto para el equipo de telecomunicaciones, si es que ellos tienen que controlar el ancho de banda disponible, es el intercambio de ancho de banda reservado para acceso inmediato a una estación o espera para un requerimiento y distribución del ancho de banda. Si el número de estaciones se incrementa es posible pre reservar el ancho de banda por adelantado. Para asignar ancho de banda sobre demanda algunos parametros de control son necesarios. En sistemas más simples esto podría ser la longitud de la cola. La principal desventaja de esa cercanía es la pulsación de la longitud de cola. Esto pasa debido a que la cola es llenada mientras que el ancho de banda TDMA no es disponible. La longitud de la cola es enviada con el siguiente requerimiento y después de la distribución, el dato esta siendo entregado. Si es entregado en un disparo, la longitud de cola sería cero y por eso no requiere ninguna capacidad de transporte para la cola. El comportamiento es desplegado en la figura

4.17

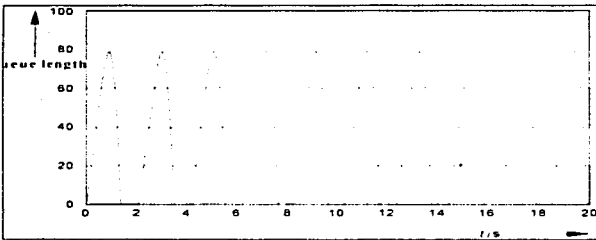


Figura 4.17 Paso de Respuesta del Loop Cerrado con Retroalimentación Retrasada

Este comportamiento resultará en una perturbación inaceptable sobre aplicaciones de video y reducido throughput, por ejemplo

El ABCS usa un camino más sofisticado, para distribuir el ancho de banda, no únicamente la longitud de cola es usada, si no también el ancho de banda usado o desperdiciado del pasado. Esto permite al sistema adoptar una tasa de bit constante y entregar una alta calidad para este tipo de servicios.

Generalmente, si los sistemas son generosos en mantener ancho de banda para una aplicación, se comportan mal, con respecto al ancho de banda liberado. Esto es, también tomado en consideración, por el monitoreo del ancho de banda desperdiciado. La siguiente figura muestra como se comportan los sistemas. Inician con una curva de aprendizaje y una vez que ha encontrado el nivel correcto, la curva desciende cercana a cero. Esto minimiza el retraso y la perturbación de la transmisión.

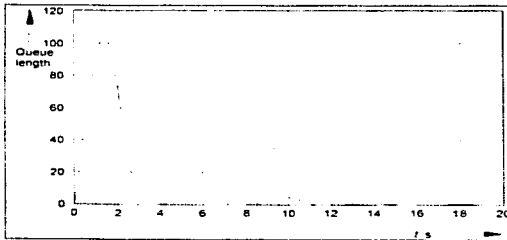


Figura 4.18 Paso de respuesta del sistema controlado PI

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Esquema de distribución TDMA para voz con Multiplexor ACT

Los puertos analógicos de voz sobre el Multiplexor ACT, Versión 2.3.1 y 3.2.1 son soportados para la distribución de TDMA dinámico por llamada de voz.

Los parámetros correspondientes son ajustados en el software utilizado por el equipo y define el ancho de banda TDMA de una llamada de voz: (ej. 11000 para 8 k ACELP) describe el número de tarjetas de voz a ser utilizadas en el Multiplexor.

Recuperación de Error

El encabezamiento conteniendo los requerimientos, así como el plan de trama son cubiertos por un CRC, que permite que esta información sea verificada, si es libre de error. La información que no es recibida Libre de Error es ignorada.

Debido a que los requerimientos de flujo dinámico son transmitidos con cada ráfaga, una estación no tiene que observar, si la maestra no ha recibido el requerimiento que explícitamente repite un requerimiento.

El plan de trama completo, es transmitido por la maestra al comienzo de cada trama. Si una esclava no recibe un plan de trama correctamente, tiene que salirse de la transmisión por un espacio de tiempo equivalente a la duración de una trama.

Sincronización de Tiempo

Medición de RTT

El tiempo de ida y vuelta, es medido por una esclava con cada ráfaga propia recibida. El tiempo de transmisión es almacenado en una tabla junto con la ranura ID, permitiendo a la estación combinar, los valores correctos por tiempo de transmisión, recepción que calcula el RTT. También la maestra periódicamente determina su RTT, introduciendo su tiempo de transmisión dentro de la ráfaga de referencia, esto es hecho para soportar su transmisión a una esclava (maestra de respaldo), si la maestra tuvo problemas y asume el papel de maestra.

Una estación almacena periódicamente su RTT promedio, en un archivo dedicado. Después de una breve salida, la estación asume las operaciones con un valor para RTT, que es suficiente y exacto para inmediatamente sincronizarse, dentro de la red. Después de una salida de varias horas la estación puede salir, el suficiente tiempo para ligeramente trasladarse con ranuras vecinas. Si una estación no recibe las ráfagas propietarias correctas inmediatamente una barrera en un sentido y otro en su tiempo de transmisión en pequeños incrementos, para encontrar la posición correcta en la ranura.

Debido a que una estación perturbe las ráfagas de otras estaciones, durante esta operación se restringe, el número de las transmisiones propias a un máximo de uno por trama.

Operaciones en la maestra:

Un comando es enviado hacia la maestra, que lo pone dentro de "modo rango". La maestra establece tres ranuras consecutivas en una subtrama de asignación fija, una vez cada supertrama. El primero verifica, si hay tres ranuras dejadas en la última trama de la supertrama. Si no, el extiende la supertrama por una trama adicional. Una extensión mínima de cuatro ranuras es requerida para una subtrama de asignación fija. En el plan de trama la maestra asigna la siguiente estación direccionada hacia las tres ranuras de rango.

Operación en la esclava:

Un parámetro en un archivo dedicado dentro de cada una de las estaciones determina si el rango ha sido hecho. En este caso la esclava asume la dirección "255" como su propia dirección, hasta que la medición del RTT ha sido completada, después de la medición de la distancia, la esclava continua con su propia dirección, dada en el archivo, dentro del mismo el valor para RTT es automáticamente actualizado y el parámetro es ajustado. En un modo de operación de sincronización, la esclava no transmite los datos del usuario, en lugar de ello introduce el tiempo de transmisión junto con un CRC dentro del contenedor. Leyendo este valor de una ráfaga recibida, la esclava puede calcular su RTT, aún si la ráfaga ha sido transmitida dentro de la ranura equivocada, debido a un valor inicial incorrecto. La exactitud de tiempo para la entrada inicial dentro del archivo dedicado tiene que ser una ranura de tiempo.

Reglas para la estación maestra y respaldo

En caso de falla del hardware o de desvanecimiento por intensa lluvia que afecte la operación de la estación maestra, una estación de respaldo tomara automáticamente el papel de la maestra. Si la trama TDMA es menor de 200ms, la interrupción no deberá ser mayor a 2 seg., con la característica de ranuras de flujo continuo en caso de planes de trama perdidos las llamadas casi no deberán verse afectadas. Aún sin esta característica las llamadas no deberán perderse. Después de la conmutación la maestra permanece en modo de respaldo y la estación que entra como respaldo de la maestra continua con ese modo de operación.

Switch Frame Relay

Frame Relay Básico

El Servicio Básico Frame Relay soporta ruteo de tramas desde cualquier puerto. Frame Relay a cualquier otro puerto Frame Relay basado sobre el DLCI de la trama. El switch Frame Relay rutea desde un puerto local, así como a un puerto remoto de otra estación. Hasta 128 PVC son posibles por cada puerto.

Las siguientes velocidades de tiempo son soportadas por el puerto:

9.6, 19.2, 38.4, 48, 56, 64, 128, 256, 384, y un máximo de 512 kbit/s.

El comportamiento DCE- o DTE- es configurable por puerto.

La codificación NRZ es soportada.

Los siguientes tipos de interface son disponibles: X.21, RS-449, RS-232C, y V.35.

El tipo de interface puede ser determinado por puerto, mediante un módulo de interface de línea serial.

UNI Frame Relay (User to Network Interface) se provee.

El manejo de Capa de Enlace local de acuerdo a la recomendación ANSI T1.617 anexo D, 1991 es soportada.

El manejo de Capa de Enlace local de acuerdo a la LMI (Interface de Manejo Local) 1.0, Rev. 1 (Group of Four) es soportada.

Un MTU (Unidad de Transferencia Máxima) de 1600 bytes será soportada.

Nota: El MTU define la máxima longitud del campo de información Frame Relay, que puede ser enviado o recibido en la interface, especificado en bytes.

Una longitud DLCI de 10 bit es soportada.

Voz sobre Frame Relay

Para proveer servicios de voz sobre Frame Relay, se integra al ABCS un multiplexor en Frame Relay como fuente externa. Este multiplexor es el SDM-FP/JFP de la marca ACT (ACT-MUX), dentro del cual se pueden aplicar diferentes interfaces de voz.

Las especificaciones de interface para el SDM-FP/JFP del ACT (ACT-MUX) aplican:

Número de Voz/Interfaces de Fax hasta 8 (SDM-FP) o hasta 4 (SDM-JFP)

Tipos de interface 2-hilos/4-hilos E&M Tipo I a V.

Código de Voz Loop Start OPX and SLT

Transmisión de Fax 4.8 kbps, 8 kbps ACELP Group III Fax, 2.4, 4.8, 7.2, 9.6 kbps

Para cada llamada de voz/fax una constante capacidad de transmisión predefinida (stream) tiene que ser configurada en la red. La llamada puede ser rechazada si no hay capacidad de flujo disponible.

La inicialización y la estructuración de la llamada es realizada por la señalización interna entre los MUXes ACT. Los circuitos se basan en los PVCs. Debido a la naturaleza del Frame Relay ningún aprovisionamiento para la capacidad de asignamiento ha sido previsto en este plan. Por lo tanto, esta tarea tiene que ser cumplida por él análisis interno de señalización del ACT e inhibir la inicialización si no hay capacidad de flujo disponible. La capacidad del flujo (en bits/seg) asignada a una llamada de voz/fax es seleccionable para cada puerto individualmente.

Frame Relay en tiempo real

El comportamiento en tiempo real puede ser asignado a cualquier puerto básico Frame Relay. La capacidad de flujo que es dada por un parámetro del puerto, se destinará al canal satelital para apoyar el tráfico de tiempo real.

Nota. El propósito del puerto en tiempo real está en conseguir un retraso bajo, mínima acción de jitter a expensas de la distribución permanente de capacidad de transmisión de satélite. El puerto de velocidad no debe exceder la capacidad seleccionada de transmisión.

La capacidad de flujo, puede ser requerida tan pronto las tramas de datos entran en la red ABCS a través del puerto. La capacidad de transmisión se liberará cuando ninguna de las tramas entran en la red ABCS, por medio del puerto dentro de un periodo de menos de 15 segundos.

Ethernet

Hay 1 puerto por Unidad Interior, para conectar una LAN a 10-Mbit/s según las especificaciones IEEE 802.3 / Ethernet.

El acceso se provee por medio de una interface AUI, adaptable por un transceiver 10-Base-5, 10-Base-2 y 10-Base-T.

Un bridge Ethernet es incorporado para soportar el protocolo transparente de interconexión de LANs (Redes de Área Local)

Las direcciones filtradas son basadas sobre una tabla dinámica de filtros con hasta 1100 entradas sobre LAN y hasta 5000 entradas sobre WAN (direcciones MAC).

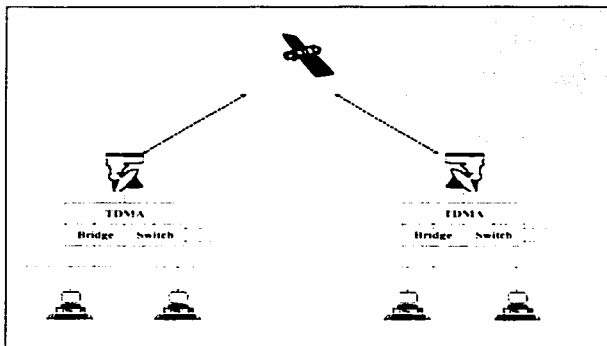
Las fuentes de las direcciones MAC, en las tramas Ethernet recibidas desde la interface local Ethernet son automáticamente ingresada en una tabla dinámica de filtros (auto-learning).

Si una dirección corresponde a una entrada en la tabla dinámica de filtros, no aparece sobre Ethernet local para un tiempo determinado (span), la entrada se borrará automáticamente.

Multipuerto bridge

Revisión General

En una red ABCS, todas las redes LAN Ethernet son interconectadas por medio de un enlace de auto-aprendizaje transparente remoto de los multipuertos bridge.

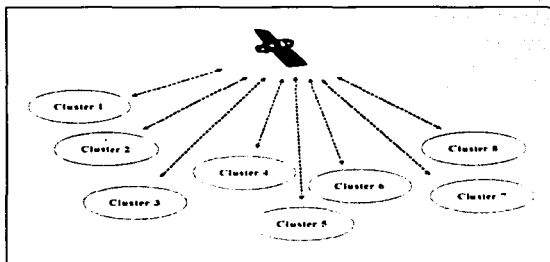


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 4.19 Módulo Bridge ABCS

El multipuerto bridge esta equipado con un Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (TCP/IP) la pila protocolar incluye el Internet Control Message Protocol (ICMP), el User Datagram Protocol (UDP) y el Protocolo de Resolución de Dirección (ARP). Además el Simple Network Management Protocol (SNMP) y el Trivial File Transfer Protocol (TFTP) son implementados. Un Filter Data Base (FDB) se usa para guardar el tránsito entre dos estaciones dentro de una red local.

Las estaciones ABCS se agrupan en ocho grupos (clusters). Por lo tanto, una estación de red ABCS puede ver una estación de la red, la cual puede ser alcanzada por un enlace via satélite en una de ocho redes virtuales. Cualquier red puede alcanzarse sobre un canal que es dado por un puerto bridge.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 4.20 Puertos Bridge ABCS

Protocolo Stack

El bridge soporta todas las partes necesarias del protocolo TCP/IP - Protocol Suite. TCP/IP es una colección de protocolos de red que proporciona la comunicación de end-to-end para nodos conectados a cualquiera de los diferentes números de red. TCP suministra servicios de la capa de transporte, e IP provee servicios de la capa de red.

ARP (Address Resolution Protocol):

Mapas de direcciones IP asociadas a direcciones Ethernet.

ICMP (Internet Control Message Protocol):

Proporciona el software de la capa de la red con un mecanismo para controlar mensajes de comunicación y reportes de errores.

IP (Internet Protocol):

Proporciona servicios de datagramas de internet

UDP (User Datagram Protocol):

Es modo de servicio no orientado a conexión que provee un servicio paralelo al TCP

SNMP (Simple Network Management Protocol):

Usado para desempeñar las operaciones remotas de administración.

TFTP (Trivial File Transfer Protocol):

Permite a hosts transferir archivos completos.

Prioridad de servicio

Los servicios de comunicación se tratarán según la sucesión siguiente de prioridades:

Prioridad 1: Frame Relay

Prioridad 2: Ethernet

El tráfico de tiempo real no sufre de la pérdida de datos debido a la congestión y sobrecarga.

Nota: Estos requerimientos se basan en la condición que el resultado total del throughput, de todos los puertos de tiempo real, no exceda el límite especificado.

Para tráfico de tiempo real, el retraso del jitter total de la trama no debe exceder 150 ms.

Conexiones Nodo a Nodo

La conexión Nodo a Nodo es provista a través de un canal común TDMA. Hay solo un salto para conectividad, desde cualquier estación a cualquier otra estación. Ningún mecanismo de transmisión es previsto para permitir conectividad con doble salto por medio de una estación de relevé.

Es posible establecer grupos de usuarios cerrados dentro de una red. La conectividad a estaciones afuera del grupo de usuarios cerrado puede inhibirse.

Distribución de Capacidad de Transmisión de Satélite

La capacidad de asignación de transmisión es orientada a la demanda. Hay dos modos de distribución de capacidad de transmisión. Para el tráfico en tiempo real un tipo de circuito - de switcheo de distribución es implementado, donde una capacidad de transmisión se requerirá explícitamente al levantar la comunicación y se liberará después de la terminación de comunicación. Para tráfico de tiempo no real la longitud compuesta de la cola será reportada por las estaciones. La estación de administración de tráfico asigna capacidad de transmisión según las longitudes de las colas reportadas.

Para cada estación, una capacidad determinada de transmisión por el canal TDMA se garantizará. Este throughput garantizado refleja la suma total de todos los PVC CIRs asignados a una estación. Si una estación no demanda capacidad sobre la transmisión para tráfico de tiempo no real (cero de longitud de cola) su capacidad garantizada estará disponible para otras estaciones, pero tan pronto como la estación informe una demanda la capacidad dicha capacidad estará disponible para esta estación.

La red no permite que la asignación de capacidad de flujo exceda la capacidad disponible de pooleo, cuando toda la capacidad de transmisión al throughput garantizado es sustraída

Nota Este requerimiento establece la regla que garantiza que el throughput (datos), no

puede ser violado por servicios de voz (u otro tiempo real) o sesión de voz (u otro tiempo real) que necesitan no ser interrumpidas debido a las demandas con alta prioridad.

Es posible limitar la capacidad total del stream disponible en la red configurando un parámetro.

Los requerimientos de flujo que no violen el throughput garantizado (ver requerimientos previos) tienen más alta prioridad que los requerimientos basados en longitud de cola que exceden el throughput garantizado. Esto significa que después haber cumplido todos los requerimientos basado en el throughput garantizado, los requerimientos de flujo serán satisfechos se cumplirán.

La capacidad de transmisión que no ha sido asignada sobre el requerimiento será asignada entre todas las estaciones, en un modo round-robin para proveer un acceso con bajo retraso hacia el satélite.

Como una opción es posible cambiar las reglas de asignación para ciertas estaciones en la red, tal que la asignación de capacidad de flujo sea tomado del poleo desde la estación del throughput garantizando. Ninguna distribución de flujo será posible más allá de los límites para esta estación.

Nota: con esta opción la provisión de CIR (Committed Information rate) para PVCs de Frame Relay básico puede ser violada. Esta opción es destinada para aplicaciones donde en una red compartida con throughput mínimo, solo puede accederse con datos de tráfico de tiempo real y que puede asignarse a usuarios.

Administración del Tráfico de la estación (Maestra)

La asignación de la capacidad del canal satelital es realizada a través del control central. Una estación en la red juega el papel de la estación maestra y colecta todos los requerimientos y genera los planes de trama TDMA.

Otra estación en la red será un respaldo maestro, para asumir el rol maestro, en el caso en que la estación maestra falle o sufra de una intensa lluvia.

La estación maestra de respaldo conmutara sobre el tiempo que típicamente será menor a 2 segundos y nunca excederá 5 segundos.

No hay hardware o software especial, necesario sobre una estación para desempeñar el papel de maestra, es decir, cada estación en la red es capaz de convertirse en maestra.

CAPITULO 5

CALCULO DE ENLACE

El cálculo de enlace es un procedimiento matemático que nos permite evaluar la calidad de la señal existente en un canal de comunicación vía satélite considerando los niveles de potencia en todo el sistema.

El cálculo de enlace vía satélite nos permite obtener los valores de potencia necesaria para comunicar dos o más estaciones terrenas (E/T) tomando en cuenta las consideraciones físicas relacionadas con el viaje de la señal por el espacio libre, con el tratamiento que recibe por parte de los equipos (entre ellos al satélite mismo), y a la ubicación geográfica de los puntos a comunicar.

En el contexto del diseño de redes satelitales, el cálculo de enlace constituye la base matemática para el dimensionamiento de los equipos que se utilizan en las E/T, en tanto que en la operación de redes, nos es útil para determinar la cantidad de potencia necesaria para que la comunicación entre dos o más E/T se realice con la calidad deseada. En este caso nos enfocaremos a determinar la cantidad de potencia que se necesita para establecer un enlace cuando los equipos de las E/T ya fueron seleccionados.

En todo sistema de comunicación la presencia de ruido es algo inevitable que genera una degradación de la señal útil. La **relación portadora a ruido (C/N)**, se refiere a la diferencia existente entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia de ruido existente en el sistema, la utilizaremos como el indicador de la calidad de comunicación en el sistema de microondas vía satélite.

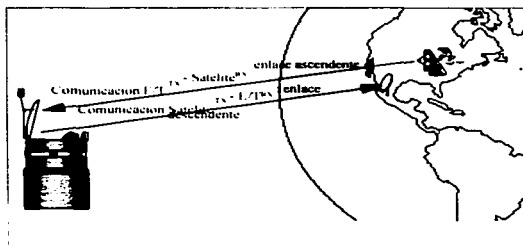


Figura 5.1 Enlace Satelital

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La metodología de cálculo que emplearemos se basa en dividir al cálculo del enlace satelital en tres partes principales:

- a) enlace ascendente
- b) enlace descendente
- c) evaluación del enlace

Cada una de las partes anteriores conjuntan a una serie de conceptos físicos y procedimientos matemáticos con cierta independencia que nos permiten manejarlos por separado; en las dos primeras partes se trata de obtener las relaciones (C/N) totales ascendente y descendente, en tanto que en la última parte se determina el margen del enlace.

El **margen del enlace** es el parámetro que nos indica la calidad total del enlace, que considera el nivel de potencia en el equipo receptor de acuerdo a una calidad esperada en la información recibida y la calidad de la información proporcionada por el enlace, en función de la potencia total de la portadora.

Cuando se diseña un enlace debe tomarse algún **criterio de diseño** que fije las condiciones para que el enlace opere satisfactoriamente, de ahí, que una vez establecidos dichos criterios se considera si el margen del enlace es bueno o no; en caso de ser satisfactorio, se da por concluido el cálculo y se procede a la recuperación de los valores correspondientes a los parámetros mas relevantes como son la PIRE de E/T y la PIRE de Satélite por portadora, esto es, las potencias controlables de nuestro enlace. Para el caso en que el margen del enlace no sea el adecuado se realiza nuevamente el cálculo bajo diferentes condiciones de potencia, para lo cual debemos cambiar el valor de la potencia con la que transmite la E/T, así hasta obtener los resultados deseados.

Para fines de calculo se diseñara una red que conste de cinco estaciones terrenas, definiéndolas de la siguiente manera:

- 1 Estación de Sincronía o Maestra
- 2 Estación de Respaldo o Back Up
- 3 Estación Esclava
- 4 Estación Esclava
5. Estación Esclava.

Para todas ellas se considera el uso de FRADS para integrar voz, en este caso se considera el uso del FRAD Marca ACT Network modelo "SDM-JFP" para las estaciones remotas en el cual podemos integrar hasta cuatro canales de voz en una sola unidad y con un puerto de salida de hasta 128Kbps en la integración de todos los servicios. A continuación se muestra el FRAD utilizado en las estaciones Esclavas en la Figura 5.2 y 5.3

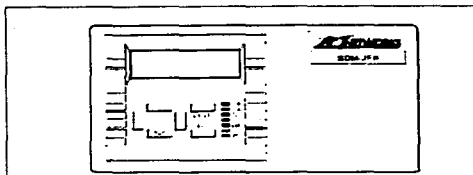


Figura 5.2 Vista Frontal FRAD Propuesto

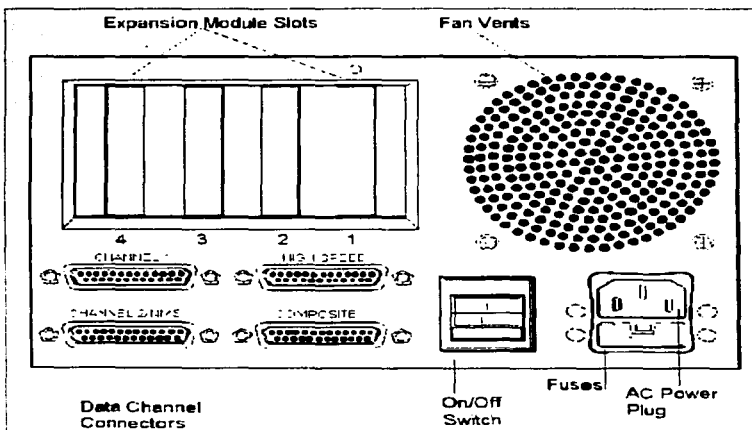


Figura 5.3 Vista Posterior FRAD Propuesto

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para efectos de calculo propondremos el uso de los cuatro canales de voz en este equipo, utilizando compresión a 32K en ADPCM, por lo que:

- Cuatro canales de Voz a 32K c/u hacen un total de un ancho de banda mínimo de 128K

Así de esta forma utilizaremos el 100% del canal que puede proporcionar el FRAD.

Nota: Debemos de tomar en cuenta que al realizar compresión de Voz en diversos equipos es necesario el uso de diversos algoritmos que permitan la correcta interpretación de estos canales, también debemos de recordar que el hecho de realizar compresión de voz requiere de un ancho de banda adicional para que el FRAD pueda interpretar, monitorear y controlar cada uno de los canales asociados de voz que este integrando (Para fines prácticos este calculo NO se considera, haciéndolo despreciable), por lo que el Ancho de Banda Total será igual al número de canales asociados mas un canal agregado que varía dependiendo del algoritmo y electrónica utilizada por cada fabricante.

Así mismo el módem también puede proporcionar canales de datos síncronos para la integración de equipos de usuario, por lo que se propone el uso en cada estación de un canal de datos de 384Kbps.

Por lo que en cada estación se utilizara un ancho de banda teórico de 384K para datos mas 128K de Voz (que en realidad son datos proviniendo de un equipo de acceso), haciendo un total de 512K. al utilizar un tipo de acceso al satélite TDMA utilizamos una sola frecuencia de acceso y para fines de diseño únicamente consideramos una sola portadora por todo el sistema.

Calculo De Enlace Satelital Para Un Enlace TDMA Utilizando Equipo de comunicaciones "ABCS" para Datos Digitales en la Banda Ku, Satélite Solidaridad II (113.0 ° Oeste)

I DATOS :

DATOS DE SATELITE

SATELITE:	Solidaridad II
LONGITUD	113.0 °OESTE
BANDA DE OPERACION	Ku
TIPO DE TRANSPONDEDOR:	
REGION	4
FRECUENCIA DE MEDIA BANDA ASCENDENTE:	14.25GHz
FRECUENCIA DE MEDIA BANDA DESCENDENTE:	11.95GHz
MIBO	8.5 dB
MOBO	4.0 dB
ATP	20 dB

DATOS DE LA SEÑAL A TRANSMITIR

VELOCIDAD DE INFORMACION:	512	Kbps
MODULACION:	QPSK	
ROLL OFF:	14	%
FEC:	1/2	
BER:	10E-7	

DATOS DE LAS E/T TRANSMISORA Y RECEPTORA

LOCALIDAD:	MEXICO, DF	HERMOSILLO, SON	
LATITUD:	19.35	20.04	°N
LONGITUD:	99.01	110.58	°O
DIAMETRO DE ANTENA:	3.80	3.80	m
GANANCIA ANTENA Tx:	42.00	42.00	dB _i
GANANCIA ANTENA Rx:	38.20	38.20	dB _i
TEMP. TOTAL DEL SIST.:	110.00	110.0	°K
E _b /N ₀ DEL MODEM RECEPTOR		7.3	dB

PARAMETROS DEL SATELITE PARA LAS LOCALIDADES DE INTERES

LOCALIDAD:	MEXICO, DF	HERMOSILLO, SON
DFS	-94.50	-91.70 dBW/m ²
PIRE	37.00	40.61 dBW
G/T	4.60	2.36 dB/K

II CALCULOS PRELIMINARES:

Los cálculos preliminares son aquellos que nos generarán una serie de datos necesarios para el cálculo de enlace propiamente dicho, de acuerdo a ésta metodología se calcula el ancho de banda, los ángulos de apuntamiento de acimut y elevación que presentaran las antenas, y la distancia entre la estación terrena y el satélite.

El ancho de banda aquí calculado, es el que la señal de comunicación necesita para transmitirse y se relaciona con la cantidad de ruido total que afectará en la relaciones C/N que definen la calidad del enlace. El dato de la distancia nos servirá para evaluar las pérdidas de potencia debidas a la dispersión de la energía en la trayectoria de propagación; para obtener éste parametro, necesitamos conocer el ángulo de elevación por lo que éste se evalúa. En lo que respecta al ángulo de acimut, se calcula como complemento al ángulo de elevación para tener completa la referencia y estar en condiciones de apuntar una antena hacia el satélite, aunque restaría hacer la consideración debido a la declinación magnética.

ANCHO DE BANDA

$$AB = V_{inf} \cdot (FEC)^{-1} \cdot (FM) \cdot (1 + ROLL\ OFF)(Hz)$$

V_{inf} = Velocidad de información

FEC = Factor debido al código de corrección de errores por adelantado

FM = Factor de modulación, su valor depende de la modulación empleada.

Si la modulación es BPSK FM = 1.0

Si la modulación es QPSK FM = 0.5

ROLL OFF = Factor de ensanchamiento del espectro (característica de los módem)

sustituyendo:

ANCHO DE BANDA OCUPADO

$$AB_{ocu} = 512.000 (1/2)^{-1} (0.5) \cdot 1.14$$

$$\underline{AB_{ocu} = 583.68 \text{ KHz}}$$

ANCHO DE BANDA ASIGNADO

$$AB_{ASIGN} = AB_{ocu} \cdot X_{FASIGN}$$

$$\underline{AB_{ASIGN} = 583.68 \cdot 1.37}$$

$$\underline{AB_{ASIGN} = 799.6416 \text{ aproximadamente } 800 \text{ KHz}}$$

El ancho de banda ocupado es el espacio en frecuencia que utilizaremos para el cálculo de enlace. El Ancho de banda asignado es un concepto se utiliza la asignación de las frecuencias operativas de los enlaces.

APUNTAMIENTO DE ANTENA Y DISTANCIA E/T-SATELITE

ANGULO DE ACIMUT PARA E/T HERMOSILLO, SON:

$$A' = \tan^{-1} \left(\frac{\tan [ABS (LONGSAT - LONGE/T)]}{\text{Sen LATE/T}} \right)$$

Donde: LONGSAT = Longitud del satélite.

LONGE/T = Longitud de E/T.

LATE/T = Latitud de E/T.

ABS = Valor absoluto

Si la E/T se ubica en el Hemisferio Norte y la :

$$E/T \text{ al oeste del satélite: } A = 180 - A'$$

$$E/T \text{ al este del satélite: } A = 180 + A'$$

Si la E/T se ubica en el Hemisferio Sur y la :

$$E/T \text{ al oeste del satélite: } A = A'$$

$$E/T \text{ al este del satélite: } A = 360 - A'$$

sustituyendo para HERMOSILLO:

$$A' = \tan^{-1} (\tan[\text{ABS}(113.0 - 110.58)] / \text{Sen } 29.04)$$

$$A' = \tan^{-1} (0.0422 / 0.4854)$$

$$A' = \tan^{-1} (0.0870665)$$

$$A' = 4.97$$

como la E/T se encuentra en el hemisferio norte y al este del satélite

$$A = 180 + 4.97$$

$$A = 184.97^\circ$$

ANGULO DE ELEVACION PARA E/T HERMOSILLO, SON:

$$E = \tan^{-1} [(R - R_e(w) / (R_e \text{ Sen}(\cos^{-1} w)))] - \cos^{-1} w$$

Donde: R = Distancia Promedio del Centro de la Tierra a la órbita geostacionaria (42164.2 Km)

Re = Radio Promedio de la Tierra (6378.155 Km)

w = Cos LATE/T (Cos [LONGSAT - LONGE/T])

sustituyendo:

$$w = \cos 29.04 \cos [113.0 - 110.58]$$

$$w = 0.8735013$$

$$E = \tan^{-1} [(42164.2 - 6378.155 (0.8735013)) / (6378.155 (\text{Sen}(\cos^{-1} 0.8735013)))] - \cos^{-1} 0.8735013$$

$$E = \tan^{-1} [(42164.2 - 5571.3267) / (6378.155 (0.4868218))] - 29.131901$$

$$E = \tan^{-1} [(36592.8733) / (3105.0249)] - 29.131901$$

$$E = 56.02^\circ$$

DISTANCIA ENTRE E/T HERMOSILLO, SON Y SOLIDARIDAD 2

$$D = \{R^2 + R_e^2 - (2 R_e (R) \text{ Sen}(E + \text{Sen}^{-1} ((R_e / R) \text{ Cos } E))\}^{1/2}$$

Donde: R = Distancia Promedio del Centro de la Tierra al Satélite (42164.2 Km)

Re = Radio Promedio de la Tierra (6378.155 Km)

E = Angulo de elevación

sustituyendo:

$$D = \{42164.2^2 + 6378.155^2 - (2 (6378.155 (42164.2)) \text{ Sen}(56.02 + \text{Sen}^{-1} ((6378.155 / 42164.2) \text{ Cos } 56.02))\}^{1/2}$$

$$D = 36163.28 \text{ Km}$$

ANGULO DE ACIMUT PARA E/T MEXICO, DF:

$$A' = \tan^{-1} (\tan [ABS (113.0 - 99.01)]) / \text{Sen } 19.35$$

$$A' = 36.94$$

la E/T está ubicada en el hemisferio norte y al este del satélite

$$A = 180 + 36.94$$

$$A = 216.94^\circ$$

ANGULO DE ELEVACION PARA E/T MEXICO, DF:

$$w = \cos 19.35 \cos [113.0 - 99.01]$$

$$w = 0.9155$$

$$E = \tan^{-1} [(42164.2 - 6378.155 (0.9155)) / (6378.155 (\text{Sen} (\cos^{-1} 0.9155)))] - \cos^{-1} 0.9155$$

$$E = 62.24^\circ$$

DISTANCIA ENTRE E/T MEXICO, DF Y SOLIDARIDAD 2

$$D = (42164.2^2 + 6378.155^2 - (2 (6378.155 (42164.2) \text{Sen} (62.24 + \text{Sen}^{-1} ((6378.155 / 42164.2) \cos 62.24))))^{1/2}$$

$$D = 35874.55 \text{ Km}$$

III ENLACE ASCENDENTE:

En la parte ascendente se evalúa la relación C/N ASCTOTAL, que constituye la calidad del enlace en la comunicación entre la E/T transmisora y el Satélite como receptor, tomando en cuenta a las diferentes relaciones de interferencia que degradan el comportamiento del enlace.

Primero evaluaremos la relación C/N asc, es decir, la relación de potencia de la portadora respecto del ruido propio del equipo receptor del satélite, en el que interviene la potencia de transmisión de la estación terrena conocida como PIRE, las pérdidas debidas a la dispersión, la absorción de energía por parte de la atmósfera, la pérdida por apuntamiento, la diferencia en alineación de las polaridades de satélite y E/T, la atenuación que produce la lluvia y las características de ruido y ganancia del satélite.

Posteriormente, tienen que evaluarse las diferentes relaciones de interferencia que afectan al enlace ascendente como son las siguientes:

C/I o razón de potencia de portadora respecto de la potencia del ruido de intermodulación en el HPA de la E/T transmisora.

C/X pol o razón de potencia de portadora respecto de las señales en la polaridad contraria que van hacia el mismo satélite.

C/X satady o razón de potencia de portadora respecto de señales que van dirigidas hacia los satélites colindantes al oeste u oeste, que por condiciones del patrón de radiación de las antenas de tierra en transmisión, son dirigidas hacia nuestro satélite.

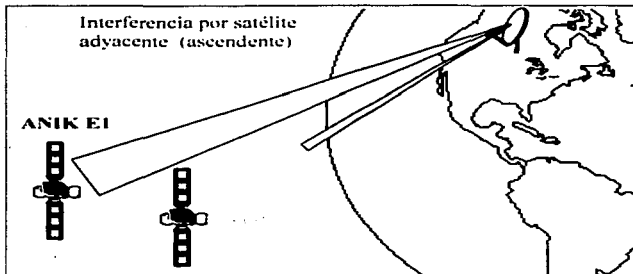


Figura 5.4 Interferencia por satélite adyacente

Los valores que adopta cada una de las relaciones de interferencia anteriores, varían en función de la densidad de potencia que tiene nuestra portadora de comunicación, respecto del número de portadoras procesadas con ella en el mismo amplificador de la E/T donde se transmite (C/I), de si existe o no el reuso de frecuencia en el satélite, (C/X pol) y del tipo de tráfico que comparte la misma banda de frecuencia y polaridad en los satélites colindantes, aunado con el patrón de radiación de las antenas que funcionan con esos sistemas (C/X satady)

La relación C/N ASCTOT considera todos los aspectos mencionados, cabe aclarar que si es mayor el valor de la potencia de la portadora, respecto del ruido de intermodulación, interferencia por polarización cruzada e interferencia por satélite adyacente, es mejor el desempeño del enlace.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO ASCENDENTE

$$(C/No)_{asc} = PIRE_{E/T} + (G/T)_{SAT} - K - Ls_{asc} - \mu_{asc} - L\Delta_{asc}$$

Donde:

PIRE _{E/T}	=	Potencia Isotrópica radiada efectiva desde la E/T.
(G/T) _{SAT}	=	Característica del satélite.
K	=	Constante de Boltzman = -228.6 (dBJ/°K)
Ls _{asc}	=	Pérdidas en el espacio libre ascendentes
μ_{asc}	=	Margen de atenuación por lluvia ascendente
L Δ_{asc}	=	Pérdidas misceláneas, es la sumatoria de de las pérdidas atmosféricas, apuntamiento y de polarización su valor aproximado es de 1 dB

sustituyendo :

$$\mu_{asc} \cong 6.3 \text{ dB, Para la disponibilidad de 99.98 en la banda Ku}$$

PIRE/Portadora desde la E.T.:

$$PIRE = D.F.S. \text{ port} + L_d$$

donde: L_d es Pérdidas por dispersión

Pérdidas por Dispersión:

Se calcula con la siguiente ec:

$$L_d = 10 \log(4\pi D^2) = 10 \log(4\pi(36163.28)^2) =$$

$$PIRE = -94.50 + 102.157455 =$$

SE PROPONE EL VALOR DE 40.28 dBW PARA LA PIRE DE E/T.

En esta metodología se propone el valor de la pire de E/T TX, como punto de partida del cálculo. Esta PIRE en términos reales será proporcionada por la combinación de potencia utilizada del HPA y la ganancia de la antena en transmisión

PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE ASCENDENTES

$$L_s \text{ asc} = 20 \text{ Log } ((4\pi^2 \cdot F^2 \cdot D) / C)$$

Siendo:

F = Frecuencia ascendente (Hz)
 D = Distancia entre E/T y satélite (m)
 C = Velocidad de la luz (3 E8 m/s)

sustituyendo:

$$L_s \text{ asc} = 20 \text{ Log } ((4\pi^2 (14.25)^2 (36163.28)) / 3 \text{ E8})$$

$$L_s \text{ asc} = 206.61 \text{ dB}$$

$$(C/N_o)_{\text{asc}} = 40.28 + 2.36 - (-228.6) - 206.61 - 1.0 \text{ (dB-Hz)}$$

$$(C/N_o)_{\text{asc}} = 81.53 \text{ dB-Hz}$$

RELACION PORTADORA A RUIDO ASCENDENTE

$$(C/N)_{\text{asc}} = (C/N_o)_{\text{asc}} - 10 \text{ Log } (AB)$$

sustituyendo:

$$(C/N)_{\text{asc}} = (81.53) - 10 \text{ Log } (800)$$

$$(C/N)_{\text{asc}} = 21.93 \text{ dB}$$

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

RELACION PORTADORA A RUIDO ASCENDENTE TOTAL

$$(C/N)_{\text{ASCENDENTE TOTAL}} = 10 \text{ log } \left[\frac{1}{a \text{ log } \left(\frac{C}{N_{\text{asc}}} \right)_{10} + a \text{ log } \left(\frac{C}{I} \right)_{10} + a \text{ log } \left(\frac{C}{X_{\text{pol}}} \right)_{10} + a \text{ log } \left(\frac{C}{X_{\text{satady}}} \right)_{10}} \right]$$

Donde:

C/I Intermodulación ascendente = C/I = - HPA INT - IPBoi - 10 LOG(AB)

C/X Polarización cruzada ascendente = C/X pol = - INTASCCPOL - IPBoi - 10 LOG(AB)

C/X Satélite adyacente ascendente = C/Xsatady = - INTASCSADY - IPBoi - 10 LOG(AB)

Donde : IPBOi de portadora

$$IPBOi = DFS - PIREE/T + Lp_{asc} + ATP + LATM + \square_{asc}$$

sustituyendo:

IPBOi DE PORTADORA

$$IPBOi = DFS - PIREE/T + Lp_{asc} + ATP + LATM + \square_{asc}$$

$$\text{Donde: } Lp_{asc} = 10 \text{ Log } (4 \cdot \square \cdot D^2)$$

$$Lp_{asc} = 10 \text{ Log } ((4 \cdot \square) (36537.4 \text{ E}3)^2)$$

$$Lp_{asc} = 162.25 \text{ dB}$$

$$IPBOi = -93.00 - 47.88 + 162.25 + 10 + 0.5$$

$$IPBOi = 31.87 \text{ dB}$$

C/I INTERMODULACION ASCENDENTE

$$C/I \text{ Intermodulación} = -(-106.0) - 31.87 - 48.63$$

$$C/I = 25.50 \text{ dB}$$

C/X POLARIZACION CRUZADA ASCENDENTE

$$C/X \text{ Polarización cruzada} = -(-112.5) - 31.87 - 48.63$$

$$C/X \text{ Pol} = 32.00 \text{ dB}$$

C/X POR SATELITE ADYACENTE ASCENDENTE

$$C/X \text{ Satélite adyacente} = -(-110.0) - 31.87 - 48.63$$

$$C/X \text{ Satady} = 29.5 \text{ dB}$$

$$(C/N)_{ASC\ TOTAL} = 10 \log \left[\frac{1}{\frac{1}{a \log(30.94/10)} + \frac{1}{a \log(25.50/10)} + \frac{1}{a \log(32.00/10)} + \frac{1}{a \log(29.50/10)}} \right]$$

$$(C/N)_{ASC\ TOTAL} = 22.69 \text{ dB}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV ENLACE DESCENDENTE:

En la parte descendente se evalúa la relación C/N DESC TOTAL, que constituye la calidad del enlace en la comunicación entre el satélite y la E/T receptora, que toma en cuenta a las diferentes relaciones de interferencia que degradan el comportamiento del enlace al descenso.

Primeramente se evalúa la relación C/N desc, es decir, la relación de potencia de la portadora respecto del ruido propio del equipo receptor de la E/T receptora, en el que interviene la potencia de transmisión del satélite conocida como PIRE de satélite por portadora, las pérdidas debidas a la dispersión, la absorción de energía por parte de la atmósfera, la pérdida de apuntamiento, la diferencia en alineación de las polaridades de satélite y E/T, a la atenuación que produce la lluvia y a las características de ruido y ganancia de la E/T receptora.

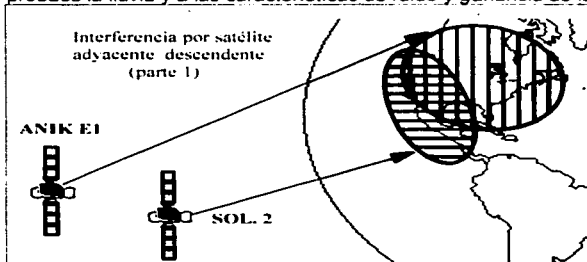
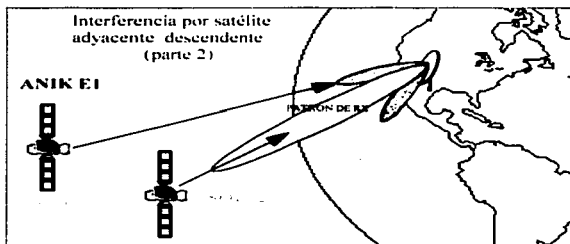


Figura 5.5 Interferencia por satélite adyacente descendente

Posteriormente, se evalúan las relaciones de interferencia que afectan al enlace descendente como son.

C/I o razón de potencia de portadora respecto a la potencia del ruido de intermodulación en el amplificador correspondiente al transpondedor del Satélite donde se tratara la señal en particular.

C/I_X pol o razón de potencia de portadora a las señales en la polaridad contraria que parten del mismo satélite hacia tierra en la misma frecuencia



C/I_X satady o razón de potencia de portadora respecto de señales que provienen de los satélites colindantes al este y oeste, que por condiciones del patrón de radiación de las antenas de tierra en recepción y a la coincidencia de coberturas en las mismas frecuencias y polaridad entran a nuestra E/T receptora.

Los valores que adopta cada una de las relaciones de interferencia anteriores, varían en función de la densidad de potencia que tiene nuestra portadora de comunicación, respecto del número de portadoras procesadas con ella en el mismo transpondedor de satélite donde se transmite (C/I), de si existe o no el reuso de frecuencia en el satélite (C/I_X pol) y del tipo de tráfico que comparte la misma banda de frecuencia cobertura y polaridad con los satélites colindantes, aunado con el patrón de radiación de nuestras antenas receptora que funcionan en nuestro sistema (C/I_X satady)

La relación C/N DESC_{TOTAL} considera todos los aspectos antes mencionados, cabe aclarar que en tanto mayor sea el valor de la potencia de la portadora, respecto del ruido, intermodulación, interferencia por polarización cruzada e interferencia por satélite adyacente, es mejor el desempeño del enlace.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DESCENDENTE

$$(C/No)_{desc} = PIRESAT + (G/T)E/T - K - Ls_{desc} - \mu_{desc} - LA_{desc}$$

Donde:

PIRESAT	= PIRE de satélite por portadora
(G/T)E/T	= característica de la estación terrena receptora
K	= Constante de Boltzman = -228.6 (dBJ/K)
Ls desc	= Pérdidas en el espacio libre descendentes
μ desc	= Margen de atenuación por lluvia descendente
- LA desc	= Perdidas misceláneas, es la sumatoria de las pérdidas atmosféricas, apuntamiento y depolarización su valor aproximado es de 1 dB

sustituyendo:

$$\mu_{desc} \cong 4.30 \text{ dB, Para la disponibilidad de 99.98 en la banda C}$$

CALCULO DE LA PIRE DE SATELITE

$$PIRESAT = - DFSTX - ATP + MIBO - Lp_{desc} + PIREE/T - MOBO + PIRESATU(RX)$$

Donde: DFSTX es la Densidad de Flujo de Saturación hacia la localidad Tx
PIRESATU(RX) es la PIRE de saturación hacia la localidad Rx

sustituyendo:

$$PIRESAT = -(-93.00) - 10 + 7.5 - 162.25 + 47.88 - 5.0 + 36.60$$

$$\underline{PIRESAT = 7.73 \text{ dBW}}$$

PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE DESCENDENTES:

$$Ls_{desc} = 20 \text{ Log } ((4\pi (3.950 \text{ E}9)(36583.99 \text{ E}3)) / 3 \text{ E}8)$$

$$\underline{Ls_{desc} = 195.64 \text{ dB}}$$

FIGURA DE MERITO DE LA E/T UBICADA EN HERMOSILLO:

$$(G/T) = GRX - 10 \text{ LOG } (Ts)$$

calculando:

$$(G/T)E/T = 38.20 - 10 \text{ Log } (94.80)$$

$$\underline{(G/T)E/T = 18.43 \text{ dB}^\circ\text{K}}$$

sustituyendo en (C/No)_{desc}:

$$(C/No)_{desc} = 7.73 + 18.43 - (-228.6) - 195.64 - 1.0$$

$$\underline{(C/No)_{desc} = 58.12 \text{ dB-Hz}}$$

RELACION PORTADORA A RUIDO DESCENDENTE

$$(C/N)_{desc} = (C/N_0)_{desc} - 10 \text{ Log} (AB)$$

sustituyendo:

$$(C/N)_{desc} = (58.12) - 10 \text{ Log} (72.96 \text{ E}3)$$

$$(C/N)_{desc} = 9.49 \text{ dB}$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

RELACION PORTADORA A RUIDO DESCENDENTE TOTAL

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{DESCTOTAL} = 10 \log \left[\frac{1}{\text{alog} \left(\frac{C}{N_{desc}} / 10 \right)} + \frac{1}{\text{alog} \left(\frac{C}{I} / 10 \right)} + \frac{1}{\text{alog} \left(\frac{C}{X_{pol}} / 10 \right)} + \frac{1}{\text{alog} \left(\frac{C}{X_{satady}} / 10 \right)} \right]$$

Donde:

$$C/I \text{ Intermodulación desc} = C/I = - \text{SAT INT} - \text{OPBOi} - 10 \text{ LOG}(AB)$$

$$C/X \text{ Polarización cruzada desc} = C/X \text{ pol} = - \text{INTDESCPOL} - \text{OPBOi} - 10 \text{ LOG}(AB)$$

$$C/X \text{ Satélite adyacente desc} = C/X \text{ satady} = \text{PIRESAT} - (\text{INTDESSADY} - \text{GANT RX}) - 10 \text{ LOG}(AB)$$

OPBOi DE PORTADORA

$$\text{OPBOi} = \text{MOBO} - \text{MIBO} + \text{IPBOi}$$

sustituyendo:

$$\text{OPBOi} = 5.0 - 7.5 + 31.87$$

$$\text{OPBOi} = 29.37 \text{ dB}$$

C/I INTERMODULACION DESCENDENTE

$$C/I \text{ Intermodulación} = - (-97.2) - 29.37 - 48.63$$

$$C/I = 19.20 \text{ dB}$$

C/X POLARIZACION CRUZADA DESCENDENTE

$$C/X \text{ Polarización cruzada} = - (-107.5) - 29.37 - 48.63$$

$$C/X \text{ pol} = 29.50 \text{ dB}$$

C/X SATELITE ADYACENTE DESCENDENTE

$$\begin{aligned} \text{C/X Satélite adyacente} &= 7.73 - (-15.00 - 38.20) - 48.63 \\ \text{C/X satady} &= 12.30 \text{ dB} \end{aligned}$$

sustituyendo:

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{\text{DESC TOTAL}} = 10 \log \left[\frac{1}{\text{alog} \left(\frac{9.49}{10} \right) + \text{alog} \left(\frac{19.20}{10} \right) + \text{alog} \left(\frac{29.50}{10} \right) + \text{alog} \left(\frac{12.30}{10} \right)} \right]$$

$$\text{(C/N) DESC TOTAL} = 7.22 \text{ dB}$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

V EVALUACION DEL ENLACE :

En este punto se calcula la relación C/N TOTAL, es decir, la resultante de la combinación entre el enlace ascendente total y el enlace descendente total. Además calcularemos a la relación C/N REQUERIDA (C/N REQ.) que depende de las características del módem y de la señal de comunicaciones. Al comparar a la C/N TOTAL con la C/N REQUERIDA, obtenemos el valor del Margen del enlace que nos indicará finalmente si nuestro enlace cumple o no con la calidad deseada en el diseño del enlace.

RELACION PORTADORA A RUIDO TOTAL

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{\text{TOTAL}} = 10 \log \left[\frac{1}{\text{alog} \left(\frac{C}{N_{\text{ASC TOTAL}}} \right) + \text{alog} \left(\frac{C}{N_{\text{DESC TOTAL}}} \right)} \right]$$

sustituyendo:

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{\text{TOTAL}} = 10 \log \left[\frac{1}{\text{alog} \left(\frac{22.69}{10} \right) + \text{alog} \left(\frac{7.22}{10} \right)} \right]$$

$$(C/N)_{TOTAL} = 7.10 \text{ dB}$$

RELACION DE PORTADORA A RUIDO REQUERIDO

$$(C/N)_{REQ.} = E_b/N_o + 10 \text{ Log (Vel inf)} - 10 \text{ Log (AB)}$$

sustituyendo:

$$(C/N)_{REQ.} = 6.5 + 10 \text{ Log (64 E3)} - 10 \text{ Log (72.96 E3)}$$

$$(C/N)_{REQ} = 5.93 \text{ dB}$$

MARGEN DEL ENLACE

$$ME = (C/N)_{TOTAL} - (C/N)_{REQ.}$$

sustituyendo:

$$ME = 7.10 - 5.93.$$

$$ME = 1.17 \text{ dB}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El margen del enlace debe ser mayor o cuando menos igual a cero. En caso de que el margen sea negativo, quiere decir, que nuestro enlace no corresponderá a la tasa de bits erróneos planteada como condición inicial de diseño. Si el margen es inferior al esperado, incrementaremos la PIRE de E/T propuesta inicialmente y recalcularemos nuevamente, hasta lograr el margen del enlace que nosotros hayamos fijado como condición del diseño del enlace.

PORCENTAJE DE POTENCIA CONSUMIDA POR LA PORTADORA EN EL SATELITE

$$\% \text{ POT} = \left[\frac{\text{ALog} \{ (\text{PIRESAT} - \text{PIRESATU} + \text{MOBO}) \}}{10} \right] \cdot 100$$

sustituyendo:

$$\% \text{ POT} = \left[\frac{\text{ALog} \{ (7.73 - 36.60 + 5) \}}{10} \right] \cdot 100$$

$$\% \text{ POT} = 0.410 \%$$

CALCULO DE LA POTENCIA CONSUMIDA EN EL HPA

$$POTHPA = \text{PIREE/T} - \text{GTx} + \text{LHPA Y ANT}$$

sustituyendo valores:

$$POTHPA = 47.88 - 42.0 + 1$$

$$POTHPA = 6.88 \text{ dBW}$$

0

y en Watts:

$$POTHPA = A \text{ LOG}(6.88 \text{ dBW} / 10)$$

$$POTHPA = 4.87 \text{ W}$$

Nota: No es recomendable que el valor del HPA quede justo con relación al valor calculado.

Como los otros cálculos de enlace se evalúan de la misma forma únicamente anexaremos los resultados obtenidos.

El diseño de la red que se propone como ejemplo es como a continuación se describe:

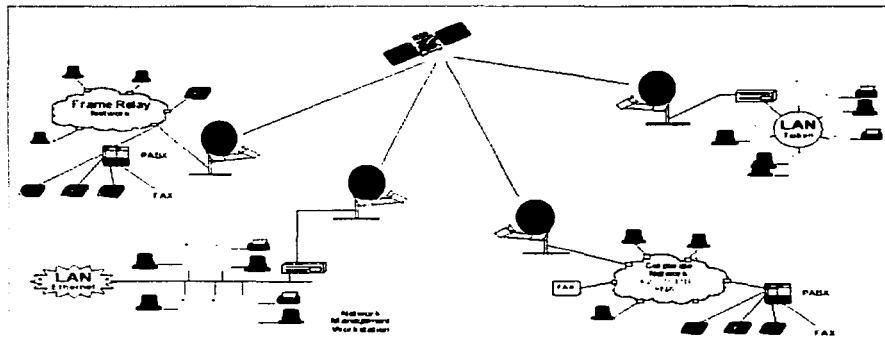


Figura 5.7 Red Propuesta

La figura 5.7 nos muestra la propuesta de la integración de sistema que maneja el TDMA con el uso del recurso satelital, en el se muestra la integración de redes de Area Local, Redes de Voz, Redes de Datos y Redes de Frame Relay, para identificar a cada uno de los nodos es necesario establecer una dirección IP a cada uno de ello con lo cual se podrán identificar en el sistema, esta dirección es arbitraria (Esto es debido a que la red utilizada es privada), pero debemos de realizar un análisis de direccionamiento al establecerla, con el fin de no crear loops, o direcciones duplicadas dentro de la red.

Para la integración de la Red de Area Local, el equipo cuenta con un bridge integrado el cual permite la integración de redes tipo Ethernet, con Token Ring, permitiendo la integración de protocolos de red LAN y su convivencia para formar una sola Red LAN/WAN con todos los sitios. Para la integración de las redes de Voz se apoya el equipo como ya lo mencionamos en el uso de un equipo de acceso el cual permite hasta cuatro canales de voz en sitios esclavos y hasta ocho en maestro, debido a que las interfaces que utiliza el FRAD pueden otorgar distintas señalizaciones, es posible conectar Conmutadores, Multilíneas o PBX en una sola red. Para poder integrar todos los canales de Voz es necesario configurar los FRad con una tabla de marcación, en la cual todos los canales de voz estén identificados, la siguiente tabla muestra el plan de marcación para cada sitio, debiendo configurarse en cada uno de los FRADs utilizados. Para el plan de marcación se considera como numero de Switch al numero de nodo Frame Relay compuesto por el Módem Satelital y el FRAD asociado, mas el numero de puerto de voz a utilizar.

No Sitio/ Nodo	No. Switch	Canal de Voz 1	Canal de Voz 2	Canal de Voz 3	Canal de Voz 4	Canal de Voz 5	Canal de Voz 6	Canal de Voz 7	Canal de Voz 8
1	1	11	12	13	14	15	16	17	18
2	2	21	22	23	24	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
3	3	31	32	33	34	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
4	4	41	42	43	44	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
5	5	51	52	53	54	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica

Cada uno de los canales de Voz identificados corresponderá a una extensión virtual en el sistema, a la vez que correspondería a un DLCI asociado a cada uno de ellos, siendo estos cada uno de los canales de comunicación virtuales para el Frame Relay para las aplicaciones de voz, para los canales de Datos de usuario sucede lo mismo, únicamente diferenciándose cada uno de los DLCIs asociados a cada nodo en particular, por el numero de puerto que se accesa en ese momento en el equipo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

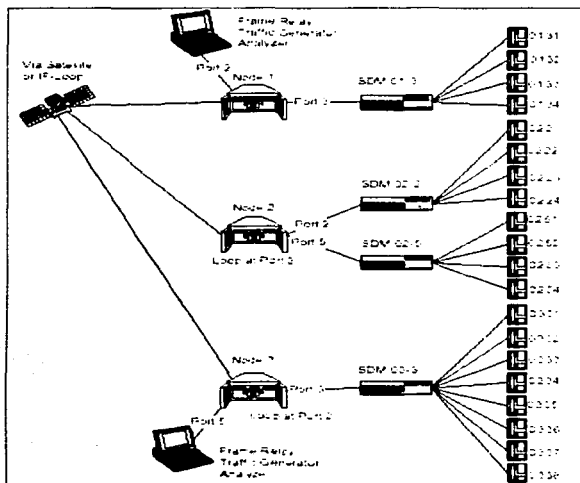


Figura 5.8 Ejemplo de una mapa de Voz

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

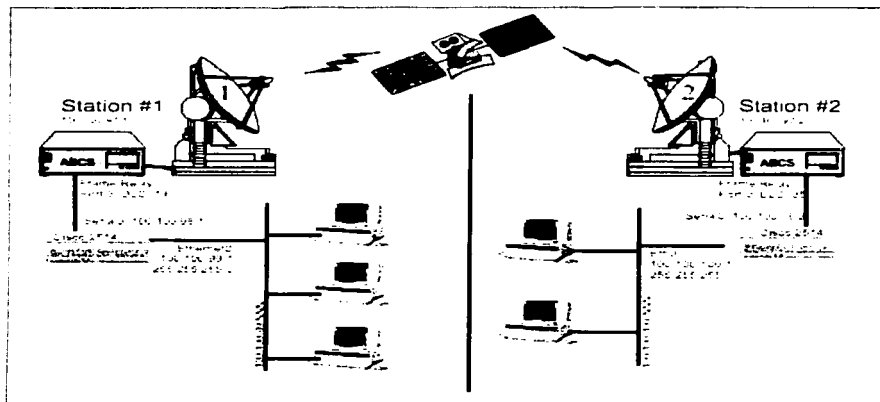


Figura 5.9 Ejemplo de Integración de Puertos de Datos y Redes LAN asociadas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

Una solución real que puede emplearse dentro del ámbito de las redes satelitales es la incorporación del protocolo "Frame Relay" dentro de ellas, ya que como vimos en capítulos anteriores no tiene problemas para la incorporación a las redes satelitales, de hecho las redes satelitales se incorporan al ya cada vez más extenso uso de redes terrestres digitales, dado una alternativa más para su uso.

Uno de los problemas más fuertes que presenta el uso de redes satelitales en los distintos usuarios es el costo cada vez, mas alto del espectro satelital, quedando en segundo termino la aparición de aplicaciones a nivel usuario que requieren un mayor ancho de banda, debido al alto número de información que cada día se incrementa en forma notable.

La propuesta presentada aun compete con todas aquellas aplicaciones que el usuario pensaba que debía de re invertir en nueva tecnologia o quedarse fuera del avance tecnológico ya que sus sitios operativos se encuentran fuera de las redes telefónicas digitales actuales.

El uso de un equipo satelital implica que independientemente del motivo por el cual fue adquirido este sea utilizado en un 99,99% ya que se corre el riesgo de quedar con una red de comunicaciones con un alto costo de mantenimiento y poco beneficio. En este punto compete al Ingeniero Mecánico Electricista asesorar de una manera fiable al usuario final y cooperativo que lo adquiere para poder determinar si el uso de una red satelital es la mejor solución para el usuario.

Dentro de las distintas marcas que manejan equipo satelital basado en esta tecnología podemos nombrar a Hughes, Gilat, EADS Aerospace y Scientific Atlanta, no siendo compatibles ninguna de ellas entre si (Equipos de Banda Base) por los distintos algoritmos utilizados para su operación, pero todos y cada uno de ellos se basan en el hecho de poder manejar un ancho de banda dinámico y pre asignado para su operación, dando énfasis en aquellos datos que así lo requieran (CBR).

El equipo en el cual fue basada la tesis se encuentra operando en la República Mexicana dentro de la Secretaría de Gobernación, Secretaría de Marina y algunas empresas privadas, las dos primeras redes existentes cuentan con 32 Nodos operativos interconectados entre sí para el manejo de información de carácter de seguridad nacional, ya que el uso de estos equipos permite un alto nivel de administración remota y seguridad de redes.

Podemos comentar que el costo aproximado de estas redes es aproximadamente \$30,000.00 USD por estación, con un ROI calculado a 3 Años.

GLOSARIO DE TERMINOS

“Utilizados en Comunicaciones”

Ancho de banda (bandwidth)

La diferencia entre las señales de frecuencia senoidal más alta y más baja que pueden transmitirse por una línea de transmisión o a través de una red. El ancho de banda se mide en hertz (Hz), y también define la capacidad máxima de transporte de información de la línea o red.

Banda ancha (broadband)

Modo de operación específico de un cable coaxial. Se puede utilizar un solo cable coaxial para transmitir varios flujos de datos independientes al mismo tiempo asignando a cada flujo una porción del ancho de banda total disponible. Los datos se transmiten modulando una señal de monofrecuencia de la banda de frecuencia elegida y se reciben desmodulando la señal recibida.

Banda Base (baseband)

Modo de operación específico de una línea de transmisión: cada dígito binario (bit) de un mensaje se convierte en uno o dos niveles de voltaje (o en ocasiones de corriente), uno para el 1 binario y el otro para el 0. Los voltajes se aplican directamente a la línea. La señal de la línea varía con el tiempo entre estos dos niveles de voltaje conforme se transmiten los datos.

Base de información de gestión (MIB: management information base)

Nombre de la base de datos en la que se guarda la información de gestión relacionada con una red o interred.

Baud

El número de variaciones de la señal de la línea por segundo; también indica la velocidad de transmisión de datos por una línea, aunque esto sólo es estrictamente correcto cuando cada bit se representa mediante un solo nivel de señal en la línea de transmisión. En este caso, la tasa de bits y la tasa de señal de la línea son iguales.

Bus

Topología de red muy utilizada para interconectar comunidades de dispositivos digitales distribuidos en un área local. El medio de transmisión suele ser un solo cable coaxial al que se conectan todos los dispositivos. Así, cada transmisión se propaga a todo lo largo del medio y es recibida por todos los dispositivos conectados a él.

Cable coaxial (coaxial cable)

Tipo de medio de transmisión que consiste en un conductor central y un conductor exterior concéntrico; se emplea cuando se necesitan tasas de transferencia de datos elevadas (mayores que 1 Mbps).

Camino más corto primero (SPF: shortest path first)

Algoritmo empleado en una pasarela/enrutador/sistema intermedio para encontrar el camino más corto entre ese dispositivo y todas las demás pasarelas de una interred.

Codificación Manchester (Manchester encoding):

Esquema utilizado para codificar información de reloj (sincronía) en un flujo de datos binarios antes de transmitirlo. La señal codificada resultante tiene una transición (positiva o negativa) en la parte media de cada periodo de celda de bit, lo que permite extraer con facilidad de la señal recibida la información de sincronía (necesaria para interpretar la señal).

Código de Intercambio Ampliado Decimal Codificado en Binario (EBCDIC: Extended Binary Coded Decimal Interchange Code)

El conjunto de caracteres empleado en todos los computadores IBM.

Cola distribuida, bus dual (DQDB: distributed queue, dual bus)

Red basada en fibra óptica que se puede utilizar como LAN o MAN de alta velocidad compatible con la ISDN de banda ancha que está surgiendo. DQDB opera en modo de difusión mediante dos buses, cada uno de los cuales transmite tramas pequeñas de tamaño fijo - llamadas celdas - en sentidos opuestos. Cada bus puede operar a cientos de megabits por segundo.

Comité Estadounidense de Normas para el Intercambio de Información (ASCII: American Standards Committee for Information Interchange)

En el uso normal, el acrónimo ASCII se refiere al código de caracteres definido por este comité para el intercambio de información entre dos dispositivos en comunicación. El conjunto de caracteres ASCII se utiliza ampliamente para transferir información entre un computador y un dispositivo periférico, por ejemplo una pantalla o una impresora.

Confirmación, concurrencia y recuperación (CCR: commitment, concurrency and recovery)

Entidad de protocolo que forma parte de la capa de aplicación, permite a dos o más procesos de aplicación realizar operaciones mutuamente exclusivas sobre datos compartidos. Además, el control que ejerce la entidad de CCR asegura que las operaciones se realizarán por completo o no se realizarán. CCR utiliza los conceptos de acción atómica y un protocolo de confirmación de dos fases.

Conmutación de circuitos (circuit-switching)

El modo de operación de una red telefónica y también de algunas de las redes de datos digitales más modernas. Primero se establece un camino de comunicación a través de la red entre las terminales de origen y de destino, que se utiliza en forma exclusiva durante toda la llamada o transacción. Ambas terminales deben operar con la misma tasa de transferencia de información.

Conmutación de paquetes (packet-switching)

Modo de operación de una red de comunicación de datos. Cada mensaje que se va a transmitir por la red se divide primero en varias unidades de mensaje independientes, más pequeñas, llamadas paquetes. Cada paquete contiene información de direccionamiento. Al recibirse un paquete en un nodo intermedio de la red primero se almacena y, dependiendo de la información de direccionamiento que contiene, se reenvía por un enlace apropiado al siguiente nodo, y así sucesivamente. Los paquetes que pertenecen al mismo mensaje se reensamblan en el destino. Este modo de operación asegura que los mensajes largos no degradarán el tiempo de respuesta de la red. Además, los dispositivos de origen y de destino pueden operar con diferentes velocidades de transmisión de datos.

Control de acceso al medio (MAC: medium access control)

Muchas LAN emplean un solo medio de transmisión común - un bus o un anillo, por ejemplo - al cual están conectados todos los dispositivos de la red. Por tanto, cada dispositivo debe seguir un procedimiento para asegurar que las transmisiones se realicen en forma ordenada y equitativa. En general, este procedimiento se denomina control de acceso al medio; dos ejemplos son CSMA/CD y testigo (de control).

Control de enlace de datos de alto nivel (HDLC: high-level data link control)

Protocolo estándar convenido internacionalmente y definido para controlar el intercambio de datos a través de un enlace de datos punto a punto o bien de multiextensión.

Control de enlace lógico (LLC: logical link control)

Protocolo que forma parte de la capa de enlace de datos en las LAN; se ocupa de la transferencia confiable de datos a través del enlace de datos entre dos sistemas en comunicación.

Control de flujo (flow control)

Técnica para controlar la velocidad de flujo de tramas o mensajes entre dos entidades en comunicación.

Control sincrónico binario (BSC: binary synchronous control)

Nombre que utiliza IBM para referirse al protocolo de modo básico de la ISO.

Correo, telégrafo y teléfono (PTT: postal, telegraph and telephone)

La autoridad administrativa que controla todas las redes y servicios postales y de telecomunicaciones públicos en un país.

Datagrama (datagram)

Tipo de servicio que se ofrece en las redes de datos de conmutación de paquetes. Un datagrama es un paquete de información independiente que se envía a través de la red con un mínimo de gastos extra de protocolo.

Decibel

Medida de la fuerza de una señal respecto a otra señal. El número de decibeles se calcula como 10 veces el logaritmo del cociente de las potencias de las señales o 20 veces el logaritmo de la amplitud (voltaje o corriente) de cada señal.

Diafonía (crosstalk)

Señal no deseada captada por un conductor y proveniente de alguna actividad eléctrica externa.

Difusión (broadcast)

Forma de transmitir un mensaje a todos los dispositivos conectados a una red. Por lo regular, se reserva una dirección especial la dirección de difusión para que todos los dispositivos puedan determinar que se trata de un mensaje difundido.

Distorsión por retardo (delay distortion)

Distorsión de una señal debida a las diferentes velocidades de propagación por un medio de transmisión que tienen los componentes de frecuencia que componen una señal.

Dúplex completo (full duplex)

Estrategia de intercambio de información entre dos dispositivos en comunicación, por la cual es posible transmitir información (datos) en ambas direcciones al mismo tiempo; también se denomina bidireccional simultáneo.

EIA-232D

Norma establecida por la EIA estadounidense para conectar un dispositivo digital a un módem proporcionado por una PTT. También se utiliza como norma de interfaz para conectar un dispositivo periférico, por ejemplo una pantalla o una impresora, a un computador.

Elemento de servicio de aplicación común (CASE: common application service element)

Colección de entidades de protocolo que forman parte de la capa de aplicación y que se encargan de prestar ciertos servicios comunes, como el establecimiento de una conexión (asociación) lógica entre dos entidades de protocolo de aplicación.

Elemento de servicio de aplicación específico (SASE: specific application service element)

Colección de entidades de protocolo que forman parte de la capa de aplicación y que se encargan de prestar diversos servicios de aplicación específicos, por ejemplo la transferencia de archivos y de trabajos.

Elemento de servicio de control de asociación (ACSE: association control service element)

Entidad de protocolo que forma parte de la capa de aplicación; realiza la función generalizada (común) de establecer y liberar una asociación (conexión) lógica entre dos entidades de aplicación.

Elemento de servicio de operaciones remotas (ROSE: remote operations service element)

Entidad de protocolo que forma parte de la capa de aplicación, ofrece un recurso general para iniciar y controlar operaciones en forma remota.

Enrutador (router)

Dispositivo que sirve para conectar entre sí dos o más LAN, cada una de las cuales opera con un método distinto de control de acceso al medio también recibe los nombres de pasarela o sistema intermedio.

Ensamblador/ desensamblador de paquetes

Dispositivo empleado con las redes de conmutación de paquetes X.25; permite a terminales que sólo manejan caracteres comunicarse con dispositivos que manejan paquetes, como las computadoras.

Entidad de protocolo (protocol entity)

El código que controla el funcionamiento de una capa de protocolo.

Equipo terminal de datos (DTE: data terminal equipment)

Nombre genérico para cualquier dispositivo de usuario conectado a una red de datos. Entre estos dispositivos están las pantallas, los computadores y las estaciones de trabajo de oficina.

Equipo terminal del circuito de datos (DCE: data circuit terminating equipment)

El equipo proporcionado por la autoridad de red (proveedor) para conectar dispositivos de usuario a la red. Hay diferentes celases de DCE para los distintos tipos de redes.

Fibra óptica (optical fiber)

Tipo de medio de transmisión por el cual se transmiten datos en forma de ondas o pulsos de luz; se caracteriza por un ancho de banda (y por tanto capacidad de transporte de datos) que puede ser muy alto, así como por su notable inmunidad a interferencia proveniente de otras fuentes eléctricas.

Gestión de red (nehvork management)

Término genérico que comprende todas las funciones y entidades implicadas en la gestión de una red. Entre ellas se cuentan la gestión de configuración, el manejo de fallos y la obtención de datos estadísticos relacionados con la utilización de la red.

Inserción de bits o inserción de bit cero (bit stuffing zero bit insertion)

Técnica que permite transmitir datos binarios por una línea de transmisión síncrona. Cada bloque de mensaje (trama) se encapsula entre dos banderas que consisten en secuencias especiales de bits. Si los datos del mensaje contienen una secuencia similar, el transmisor inserta un bit adicional (cero) en el flujo de datos que el dispositivo receptor elimina posteriormente. Se dice que el método de transmisión es transparente para los datos.

Interconexión de sistemas abiertos (OSI: open systems interconnection)

El conjunto de protocolos que se basa en los protocolos de la ISO para crear un entorno de interconexión de sistemas abiertos.

Interfaz de datos distribuida por fibra (FDDI: fiber distributed data interface)

Red de anillo basada en fibra óptica que puede servir como LAN o MAN de alta velocidad, ofrece una tasa de bits de usuario de 100 Mbps y emplea un método de control de acceso al medio de testigo de control

Interred (intel net)

Nombre dado a una colección de redes interconectadas. Internet es el nombre de una interred financiada por el gobierno estadounidense y que se basa en el conjunto TCP/IP.

Llamada (circuito) virtual (virtual call circuit)

Tipo de servicio que se ofrece en las redes de datos de conmutación de paquetes (véase también datagrama). Cuando se utiliza este servicio, antes de que se envíen paquetes de información relacionados con una llamada específica (transferencia de mensajes), se establece un circuito virtual a través de la red desde el origen hasta el destino. Todos los paquetes portadores de información relacionados con esta llamada seguirán entonces la misma ruta, y la red se encargará de que los paquetes se entreguen el mismo orden en que fueron introducidos.

Medio de transmisión (transmission medium)

El camino de comunicación que enlaza dos dispositivos que se comunican; por ejemplo alambre de par trenzado, cable coaxial, cable de fibra óptica y haz de microondas (radio).

Microondas (microwave)

Tipo de comunicación basada en radiaciones electromagnéticas que utiliza una antena transmisora y una receptora (parabólica); se emplea para enlaces tanto terrestres como de satélite.

Módem (modem)

El dispositivo que convierte un flujo de datos binarios (digitales) a una forma analógica (que varía continuamente) antes de transmitirlo a través de una red analógica (modulador) y convierte la señal recibida otra vez a su forma binaria (desmodulador). Como cada puerto de acceso a la red normalmente tiene que trabajar en modo dúplex completo (bidireccional simultáneo), el dispositivo debe realizar las funciones tanto de MODULACIÓN como de DESMODULACIÓN, de ahí el nombre MODEM. Por ejemplo, casi siempre se requiere un módem para transmitir datos por una red telefónica.

Modo básico (basic mode)

Protocolo de norma internacional de la ISO, definido para controlar el intercambio de datos entre una estación maestra (primaria) y varias estaciones esclavas (secundarias) conectadas mediante una línea multiextensión.

Modo de transferencia asincrónico (ATM: asynchronous transfer mode)

El modo de operación propuesto para la naciente red digital de servicios integrados de banda ancha. Toda la información por transmitir - voz, datos, imágenes, video - se fragmenta primero en tramas pequeñas de tamaño fijo llamadas celdas, las cuales se conmutan y enrutan según los principios de conmutación de paquetes. Esto se denomina también conmutación rápida de paquetes o de celdas. Las primeras redes basadas en este modo de operación fueron las LAN ATM.

Modulación de amplitud (AM: amplitude modulation)

Técnica de modulación que permite transmitir datos por una red analógica, por ejemplo una red telefónica conmutada. La amplitud de una sola frecuencia (portadora) se varía (modula) entre dos niveles, uno para el 0 binario y el otro para el 1 binario.

Modulación diferencial de pulsos codificados adaptables (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) ADPCM

Técnica estándar de la ITU para codificar señales analógicas de voz a forma digital a 32 kbps (La mitad de la velocidad PCM estándar)

Modulación por cambio de fase (PSK: phase-shift keying)

Técnica de modulación para convertir datos binarios a una forma analógica que comprende una sola señal de frecuencia senoidal cuya fase varía según los datos transmitidos

Modulación por cambio de frecuencia (FSK: frequency shift keying)

Técnica de modulación para convertir datos binarios a una forma analógica que comprende dos frecuencias senoidales; se utiliza ampliamente en los modems para transmitir datos por una red telefónica conmutada (analógica).

Multiextensión (multidrop)

Configuración de red que permite conectar más de dos estaciones al mismo medio de transmisión.

Multiplexión por división de frecuencia (FDM: frequency-division multiplexing):

Técnica para obtener varios canales de datos independientes a partir de un solo medio de transmisión, por ejemplo un cable coaxial. A cada canal de datos se le asigna una porción del ancho de banda total disponible.

Multiplexión por división de tiempo (TDM: time division multiplexing)

Técnica para compartir el ancho de banda (capacidad de canal) de un recurso de transmisión compartido y así poder efectuar varias comunicaciones de forma concurrente o una a la vez.

Multiplexor (multiplexor)

Dispositivo que permite a varios dispositivos de baja tasa de bits casi siempre ubicados en el mismo sitio compartir una sola línea de transmisión de tasa de bits más alta. La capacidad de transporte de datos de esta línea debe ser mayor que las tasas de bits combinadas de los dispositivos de baja tasa de bits.

Multiplexor estadístico (statistical multiplexer, stat mux)

Dispositivo que permite a varios dispositivos de baja tasa de bits, que por lo regular están en el mismo sitio, compartir una misma línea de transmisión de mas alta tasa de bits. Los dispositivos suelen tener operadores humanos, por lo que los datos se transmiten por la línea compartida según un régimen estadístico, no un régimen preasignado, como en el caso de un multiplexor básico. El multiplexor estadístico trata de aprovechar el hecho de que los dispositivos operan a una tasa media mucho menor que su tasa máxima.

Par trenzado (twisted pair)

Tipo de medio de transmisión que consiste en dos alambres aislados que se trenzan para mejorar su inmunidad a la interferencia de otras señales eléctricas (parásitas) que de otro modo podrían alterar la señal transmitida.

Paridad (parity)

Mecanismo para detectar errores de transmisión cuando se están transmitiendo caracteres individuales. Un solo dígito binario, llamado bit de paridad y cuyo valor (1 o 0) depende del número total de unos binarios que contiene el carácter, se transmite junto con el carácter para que el receptor pueda determinar la presencia de errores de un solo bit comparando el bit de paridad recibido con el valor (recalculado) que debería tener.

Pasarela (gateway)

Dispositivo que enruta datagramas (paquetes) entre una red y otra. Por lo regular, las dos redes operan con protocolos distintos, así que la pasarela también realiza las funciones de conversión de protocolos necesarias.

Protocolo (protocol)

Conjunto de reglas formuladas para controlar el intercambio de datos entre dos partes en comunicación.

Protocolo de control de transmisión (TCP: transmission control protocol)

El protocolo del conjunto TCP/IP que presta un servicio confiable dúplex completo de transferencia de mensajes a los protocolos de aplicación.

Protocolo de datagrama de usuario (UDP: user datagram protocol)

Protocolo sin conexión (del mejor intento) de la capa de transporte en el conjunto TCP/IP.

Protocolo de información de gestión común (CMIP: Common management information protocol)

El protocolo de la capa de aplicación de la ISO que sirve para recuperar y enviar información relacionada con la gestión a través de una red OSI.

Protocolo de interred (IP: internet protocol)

El protocolo del conjunto TCP/IP que ofrece un servicio de red sin conexión entre múltiples redes de conmutación de paquetes interconectadas mediante pasarelas.

Protocolo de mensajes de control de interred (ICMP: internet control message protocol)

Componente del protocolo de interred del conjunto TCP/IP que maneja los mensajes de control de errores y de otro tipo devueltos por las pasarelas y los sistemas anfitriones de la interred.

Protocolo de pasarela exterior (EGP: exterior gateway protocol)

Protocolo empleado en interredes grandes que comprenden varias interredes menores conectadas entre sí. Los dispositivos de interconexión implicados se denominan pasarelas exteriores y el EGP es el protocolo del que se valen para comunicar las direcciones de IP de las redes presentes en cada una de las interredes menores.

Protocolo de pasarela interior (IGP: interior gateway protocol)

Protocolo de enrutamiento empleado en las pasarelas de una interred TCP/IP para encontrar las rutas de camino mas corto a través de la interred.

Protocolo de resolución de direcciones (ARP: adress resolution protocol)

El protocolo del conjunto TCP/IP que sirve para obtener la dirección de punto de conexión a red de un sistema anfitrión, que corresponde a su dirección de IP en el nivel de interred.

Protocolo de transferencia de archivos (FTP: file transfer protocol)

El protocolo de aplicación del conjunto TCP/ IP que proporciona acceso a un servidor de archivos conectado a una red.

Protocolo simple de gestión de red (SNMP: simple net work management protocol)

El protocolo de aplicación de un conjunto TCP/IP que sirve para enviar y recuperar información relacionada con la gestión a través de una red TCP/IP.

Protocolo simple de transferencia de correo (SMTP: simple mail transfer protocol)

El protocolo de aplicación de un conjunto TCP/TP que se utiliza para transferir correo entre un conjunto interconectado de sistemas de correo electrónico (nativos).

Puente (bridge)

Dispositivo que sirve para enlazar dos subredes de área local homogéneas, es decir, dos subredes que utilizan el mismo método de control físico y del medio. .

Red de área extensa (WAN: wide aroa network)

Cualquier red - privada o pública - que cubre un área geográfica amplia.

Red de área local (LAN: local area network)

Red de comunicación de datos que interconecta una comunidad de dispositivos digitales distribuidos en un área limitada de cuando más un 10 km. Los dispositivos pueden ser estaciones de trabajo de oficina, minicomputadores y microcomputadores, instrumentos inteligentes, etcétera.

Red de área metropolitana (MAN: metropolitan area network)

Red que enlaza un conjunto de LAN distribuidas físicamente en una ciudad.

Red de datos conmutada pública (ISDN: public switched data network)

Red de comunicaciones establecida y controlada por una autoridad pública de telecomunicaciones para el intercambio de datos

Red digital de servicios integrados (ISDN: integrated services digital network)

Es la nueva generación de redes de telecomunicaciones a nivel mundial que utiliza técnicas digitales tanto para la transmisión como para la conmutación. Con estas redes es posible manejar comunicaciones tanto de voz como de datos.

Red telefónica conmutada pública (PSTN: public switched telephone network):

La red telefónica (analógica).

Relación señal a ruido (signal-to-noise ratio)

El cociente entre la potencia de una señal y la potencia (indeseable) del ruido de la línea o sistema, normalmente se expresa en decibeles. RQ continua (continuous RQ): Parte de un protocolo de enlace de datos que se ocupa del control de errores; trata de asegurar que, si una trama (mensaje) se altera durante la transmisión, se enviará otra copia de la trama.

A fin de mejorar la eficiencia de utilización del enlace de datos, las tramas se transmiten continuamente; por tanto, es posible que las solicitudes de retransmisión relacionadas con tramas corrompidas se reciban después de haberse transmitido varias otras tramas.

RQ inactiva (idle RQ)

Parte de un protocolo de enlace de datos que se ocupa del control de errores, tratando de asegurar que se envíe otra copia de una trama (mensaje) en caso de que ésta se altere durante la transmisión.

Después de que un transmisor envía una trama, debe esperar hasta recibir del receptor una indicación de que se recibió correctamente (o no) o hasta que transcurra cierto tiempo antes de enviar otra trama. A este método también se le conoce como de enviar (o detenerse) y esperar.

RS-422-RS-423

Normas establecidas por la EIA estadounidense para conectar un dispositivo digital a un módem proporcionado por una PTT.

Ruido (noise)

Las señales eléctricas ajenas que pueden generarse o captarse en una línea de transmisión, suelen ser causadas por aparatos electrónicos vecinos. Si la señal de ruido es grande en comparación con la señal portadora de los datos, ésta podría alterarse dando lugar a errores de transmisión.

Secuencia de verificación de trama (FCS: frame check sequence)

Término general que se aplica a los bits adicionales añadidos por el transmisor a una trama o mensaje transmitido para que el receptor pueda detectar posibles errores de transmisión.

Selección rápida (fast select)

Recurso opcional del protocolo X.25 que permite enviar datos de usuario en los paquetes de establecimiento y liberación de llamadas.

Semidúplex (half-duplex)

Estrategia de intercambio de información entre dos dispositivos en comunicación por la cual es posible transmitir información (datos) en ambas direcciones en forma alternada; también se denomina bidireccional alternado.

Servicio de directorio (DS: directory service)

Entidad de protocolo que forma parte de la etapa de aplicación en un conjunto OSI y que se ocupa de la traducción de los nombres simbólicos (o títulos) que usan los procesos de aplicación en las direcciones de red plenamente calificadas que se emplean en el entorno de interconexión de sistemas abiertos. Este servicio también se llama X.500.

Servicio de manejo de mensajes (MHS: message handling service)

Entidad de protocolo que forma parte de la etapa de aplicación, ofrece un recurso generalizado para intercambiar mensajes electrónicos entre sistemas. Este servicio recibe también el nombre de X.400.

Servicio de mensajes de fabricación (MMS: manufacturing message service)

Entidad de protocolo que forma parte de la capa de aplicación; está diseñada específicamente para utilizarse en la industria de fabricación o en la de control de procesos. Este servicio permite a un computador supervisor controlar el funcionamiento de una comunidad distribuida de dispositivos basados en computadores.

Simplex (simplex)

Estrategia de intercambio de información entre dos dispositivos en comunicación con la cual la información (datos) sólo puede transmitirse en un sentido.

Sistema abierto (open system)

Conjunto de computadores interconectados que pueden ser de diferentes proveedores y que utilizan la misma pila de protocolos de comunicación estándar basada en los protocolos ISO/OSI o en los TCP/IP.

Sistema anfitrión (host)

Casi siempre, un computador que pertenece a un usuario y que contiene (es anfitrión de) el hardware y software de comunicación necesarios para conectar el computador a una red de comunicaciones de datos.

Sistema de nombres de dominio (DNS: domain name system)

El protocolo de aplicación con el que en el conjunto TCP/IP se transforman los nombres simbólicos que utilizan las personas en las direcciones de red plenamente calificadas equivalentes.

Sistema intermedio (IS: intermediate system)

Nombre que utiliza la ISO para describir el dispositivo que interconecta dos redes; también recibe los nombres de enrutador o pasarela.

Solicitud de repetición automática (ARQ: automatic repeat request)

Técnica de control de errores en una línea de transmisión. Si el dispositivo receptor detecta errores en un mensaje transmitido, pide al dispositivo de origen retransmitir el mensaje junto con cualesquiera otros mensajes que puedan haberse afectado.

Subred (subnet)

En los documentos de la ISO, una red individual que forma parte de una interred mayor.

Suma de verificación (checksum)

Véase verificación de suma de bloque.

Superposición (piggyback)

Técnica para devolver información de confirmación por un enlace de datos dúplex completo (bidireccional simultáneo) sin utilizar mensajes especiales (de confirmación). La información de confirmación relacionada con el flujo de mensajes en un sentido se superpone a un mensaje normal portador de información que viaja en el sentido opuesto.

Tasa de errores (error rate)

El cociente del número medio de bits que se alteran y el número total de bits que se transmiten en un enlace de datos o un sistema.

TCP/IP

El conjunto de protocolos completo que incluye IP, TCP y los protocolos de aplicación asociados a ellos.

Teletex

Servicio internacional de telecomunicaciones que hace posible preparar, enviar y recibir mensajes forma dos por texto y ciertos caracteres gráficos.

Televisión de antena comunitaria (CATV: community antenna television)

Recurso empleado en el contexto de las redes de datos de área local, ya que los principios y los componentes de las redes de CATV también pueden servir para establecer un recurso flexible subyacente de transmisión de datos en un área local. Las redes de CATV funcionan en el modo de operación de banda ancha.

TELNET

El protocolo de aplicación del conjunto TCP/IP que permite a un usuario en una terminal interactuar con un programa que se ejecuta en otro computador.

Terminal virtual (virtual terminal)

Entidad de protocolo que forma parte de la capa de aplicación; permite a un proceso de aplicación entablar un diálogo con una terminal remota siguiendo un procedimiento estándar, sin importar quién haya fabricado la terminal.

TP 4

El protocolo de transporte clase 4 de un conjunto OSI; contiene funciones de control de errores y de flujo y se utiliza en redes/interredes sin conexión.

Trama (frame)

La unidad de información transferida por un enlace de datos. Por lo regular, hay tramas de control para la gestión de los enlaces y tramas de información para la transferencia de datos.

Transferencia, acceso y gestión de archivos (FTAM: file transfer access and management)

Entidad de protocolo que forma parte de la capa de aplicación; permite al proceso de aplicación usuario gestionar y tener acceso a un sistema de archivos (distribuido).

Transferencia y manipulación de trabajos (JTM: job transfer and manipulation)

Entidad de protocolo que forma parte de la capa de aplicación; permite a los procesos de aplicación usuarios transferir y manipular documentos relacionados con trabajos (tareas de procesamiento).

Transmisión asincrónica (asynchronous transmission)

En un sentido estricto, ésta implica que el reloj del receptor no está sincronizado con el reloj del transmisor durante la transmisión de datos entre dos dispositivos conectados por una línea de transmisión. En términos más generales, este término indica que los datos se están transmitiendo como caracteres individuales. Cada carácter va precedido por una señal de inicio y termina con una o más señales de paro, con las cuales el receptor establece la sincronización.

Transmisión sincrona (synchronous transmission)

Técnica para transmitir datos entre dos dispositivos conectados por una línea de transmisión. Los datos suelen transmitirse en forma de bloques, cada uno constituido por una cadena de dígitos binarios. En la transmisión sincrona, los relojes del transmisor y del receptor están en sincronía, lo cual se logra mediante diversas técnicas.

Unidad de datos de protocolo (PDU: protocol data unit)

La unidad de mensaje intercambiada entre dos entidades de protocolo.

Verificación de redundancia cíclica (CRC: cycle redundancy check)

Método utilizado para detectar errores durante la transmisión de datos. Una CRC es un valor numérico calculado a partir de los bits del mensaje que se va a transmitir. La CRC se añade al final del mensaje antes de la transmisión y el receptor detecta la presencia de errores en el mensaje recibido recalculando una nueva CRC.

Verificación de suma de bloque (block sum check)

Método para detectar errores durante la transmisión de datos. La verificación comprende una serie de dígitos binarios (bits) que son la suma módulo 2 de los caracteres/octetos individuales de una trama (bloque) o mensaje.

Videotex

Servicio de telecomunicaciones que permite a los usuarios depositar información en un sistema de base de datos central y tener acceso a ella. El acceso se realiza a través de una terminal especial que comprende un televisor equipado con un decodificador especial.

V.24-V.35

Normas establecidas por la ITU-T para conectar un dispositivo digital a un módem proporcionado por una PTT. La V.24 también se utiliza como norma de interfaz para conectar un dispositivo periférico, por ejemplo una pantalla o una impresora, a un computador.

X.25

Protocolo estándar convenido internacionalmente y definido para conectar un dispositivo de terminal de datos, por ejemplo un computador, a una red de datos de conmutación de paquetes.

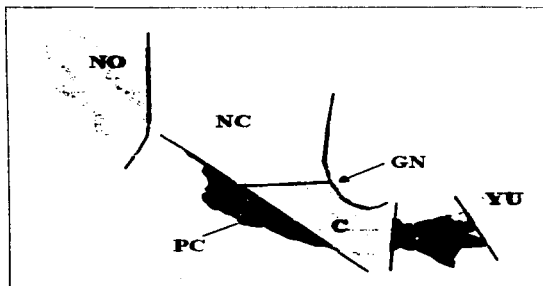
BIBLIOGRAFIA

- **Comunicación de Datos, redes de computadoras y sistemas abiertos**
Fred Halsall
Cuarta Edición
Editorial: Addison-Wesley Iberoamericana
- **Redes de Computadoras**
Cornelio Robledo Sosa
Primera Edición
Editorial: Instituto Politecnico Nacional, SEP
- **Redes de Computadores Protocolos, normas e interfaces**
Uyless Black
Segunda Edición
Editorial: Computec RA-MA
- **Digital Satellite Communications**
Tri T. Ha
Second Edition
Editorial: McGraw-Hill Publishing Company
- **Satellite Earth Stations**
Jorge B. Vespoli, James H. Cook, Jr, Gary M. Springer
First Edition
Editorial: Scientific Atlanta from the NAB Engineering Handbook
- **Sistemas de Satélites Mexicanos Solidaridad**
Manual Técnico 1995
Editorial: Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- **The Basic Guide to Frame Relay Networking**
Frame Relay Forum
Editorial: Frame Relay Forum
- **Operator Manual, Sky Wan SW Realease 4.11**
Manual Tecnico
Editorial: Nortel Dasa 1999
- **Frame Relay Over Geosynchronous Satellites**
Luiz Buchsbaum, Michael B. Nakhla, Surendra Satija
Editorial: Frame Relay Forum

- **System Description ABCS-Sky Wan**
Advanced Business Communication via Satellite
Manual Técnico 1997
Editorial: Nortel Dasa
- **Engineer's Handbook for Earth Station Design and Implementation**
Michael J. Downey
First Edition
Editorial: B.G. Edgington, P.E.

Anexo "A"

Margenes de Atenuación por Lluvia en Banda Ku Region 4



**TEPIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

Márgenes de atenuación

Zona Hidrometeorológica		Disponibilidad		
		99.50% (dB)	99.80% (dB)	99.90% (dB)
Nor Occidente NO	Tx	1.50	3.00	3.50
	Rx	0.00	1.00	1.50
Norte Centro NC	Tx	0.00	1.00	1.30
	Rx	0.00	0.00	0.00
Costa Norte GN	Tx	3.60	6.80	9.20
	Rx	1.60	4.80	7.20
Centro CE	Tx	2.20	4.20	6.30
	Rx	0.20	2.20	4.30
Pacífico Centro PC	Tx	3.60	5.90	8.50
	Rx	1.60	3.90	6.50
Sur IT	Tx	2.50	5.80	8.20
	Rx	0.50	3.80	6.20
Yucatán YU	Tx	2.90	6.00	8.90
	Rx	0.90	4.00	6.90