

64



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO 2ej.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"CAMPUS ARAGON"

"INTERCONEXIÓN DE REDES DE VOZ Y
DATOS UTILIZANDO TCP/IP"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
MARIA GUADALUPE PULIDO NAVARRO

ASESOR: ING. DONACIANO JIMÉNEZ VÁZQUEZ

268988

MÉXICO

1998.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN

SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 15 de octubre del año en curso, por la que se comunica que la alumna MARÍA GUADALUPE PULIDO NAVARRO, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "INTERCONEXIÓN DE REDES DE VOZ Y DATOS UTILIZANDO TCP/IP", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI PAZ HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, a 16 de octubre de 1998
EL SECRETARIO


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

c c p Asesor de Tes/s.
c c p Interesado.

AIR/vr





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ARAGÓN

DIRECCIÓN

MARÍA GUADALUPE PULIDO NAVARRO
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 9 de junio del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. DONACIANO JIMÉNEZ VÁZQUEZ pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado, "INTERCONEXIÓN DE REDES DE VOZ Y DATOS UTILIZANDO TCP/IP", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 16 de junio de 1998.
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ

c c p Jefe de la Unidad Académica.
c c p Jefatura del Área de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/MCA/IIa.

A MIS PADRES:

*PORQUE GRACIAS A SU APOYO Y CONSEJOS
HE LLEGADO A REALIZAR LA MAS GRANDE
DE MIS METAS, LA CUAL CONSTITUYE LA
HERENCIA MAS VALIOSA QUE PUDIERA
RECIBIR.*

A MIS HERMANOS:

*EN TESTIMONIO DE GRATITUD ILIMITADA POR
SU APOYO, ALIENTO Y ESTIMULO, MISMOS
QUE POSIBILITARON LA CONQUISTA DE ESTA
META.*

**INTERCONEXION DE UNA RED DE
VOZ Y DATOS UTILIZANDO
TCP/IP**

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO 1

REDES DE COMPUTADORAS

1.1. TOPOLOGIAS	1
1.2. MODELO OSI	5
1.2.1. CAPA DE APLICACIÓN	7
1.2.2. CAPA DE PRESENTACION	10
1.2.3. CAPA DE SESION	12
1.2.4. CAPA DE TRANSPORTE	21
1.2.5. CAPA DE RED	26
1.2.6. CAPA DE ENLACE	30
1.2.7. CAPA FISICA	35
1.3. MEDIOS DE COMUNICACIÓN	36
1.3.1. PAR TRENZADO	36
1.3.2. CABLE COAXIAL	37
1.3.3. SISTEMAS RF	37
1.3.4. FIBRA OPTICA	39
1.3.5. SATELITES	42

CAPITULO 2

TECNICAS DE MODULACION

2.1. CODIGOS DE LINEA	47
2.2. MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS (PCM)	49
2.3. MODULACION DIGITAL	53
2.3.1. MODULACION POR CORRIMIENTO DE AMPLITUD (ASK)	55
2.3.2. MODULACION POR CORRIMIENTO DE FRECUENCIA (FSK)	56
2.3.3. RECEPCION FSK	60
2.3.4. MODULACION POR CORRIMIENTO DE FASE (PSK)	61
2.3.5. MODULACION BPSK	61
2.3.6. DETECCION DE SEÑALES BPSK	64
2.3.7. MODULACION QPSK	67

CAPITULO 3

MULTICANALIZACION

3.1. DEFINICION	71
3.2. MULTICANALIZACION POR DIVISION DE TIEMPO (TDM)	71
3.3. MULTICANALIZACION POR DIVISION DE FRECUENCIA (FDM)	79

CAPITULO 4

PROTOCOLOS EN REDES DE COMUNICACIÓN

4.1. X.25	83
4.1.1 NIVELES DE X.25	83
4.2. PROTOCOLO DE CONTROL DE TRANSMISION (TCP)	93
4.3. PROTOCOLO DE INTERNET (IP)	100
4.4. PROTOCOLO DE RESOLUCIÓN DE DIRECCIONES (ARP)	109
4.5. PROTOCOLO INVERSO DE RESOLUCION DIRECCIONES (RARP)	109
4.6. PROTOCOLO INTERNET DE CONTROL DE MENSAJES (ICMP)	110
4.7. PROTOCOLO DE DATAGRAMAS DE USUARIO (UDP)	110

CAPITULO 5

INTERCONEXION DE UNA RED CORPORATIVA DE VOZ Y DATOS UTILIZANDO TCP/IP

5.1. REDES DE AREA LOCAL (LAN)	114
5.2. REDES DE AREA METROPOLITANA (MAN)	116
5.3. REDES DE AREA AMPLIA (WAN)	117
5.4. REALIZACION DEL PROYECTO DE INTERCONEXION DEREDES	118

CONCLUSIONES	127
---------------------	-----

BIBLIOGRAFIA	128
---------------------	-----

INTRODUCCION

La recolección, procesamiento y distribución de información ha sido en el presente siglo la base fundamental para el desarrollo tecnológico de cada país ya que el poder y prosperidad de éstos está directamente relacionada con la distribución de la información y la capacidad del hombre para comunicarse por lo que se hace necesario no sólo contar con la información contenida en un solo punto sino que se tenga la capacidad de acceder a ella independientemente del lugar en que se encuentre. Luego entonces, la interconexión de redes de comunicación es un factor determinante para el desarrollo de cualquier país.

La interconexión de redes de comunicación cuando éstas se encuentran aisladas geográficamente se lleva a cabo generalmente utilizando sistemas de telecomunicaciones contratando los servicios públicos de telecomunicación y es aquí donde se crea una diferencia muy marcada entre la interconexión de redes de área local (LAN) y redes de área amplia (WAN). En las redes de área amplia mediante el uso del servicio telefónico público se pueden emplear enlaces telefónicos conmutados ó circuitos punto a punto dedicados.

En el presente trabajo se desarrolla un proyecto de interconexión de redes de voz y datos bajo el protocolo TCP/IP.

El objetivo de este trabajo es interconectar una red corporativa cuyos centros de operación se encuentran geográficamente aislados pero se tiene la necesidad de comunicación de voz y acceso a datos sin tener que desplazarse grandes distancias ó utilizar el servicio convencional de larga distancia ya que recaería en una pérdida de recursos materiales y principalmente pérdida de tiempo.

Para la interconexión se pensó en utilizar el protocolo TCP/IP debido a que éste puede ser utilizado tanto para redes LAN como WAN y actualmente es la tecnología base para interconectar redes globales ya sea hogares, universidades, corporaciones, etc.

En base a lo anterior en el capítulo 1 se da una introducción a las redes de computadoras con el fin de entender la manera en como se interconectan éstas para llevar a cabo el procesamiento y recolección de datos. En el capítulo 2 se habla de las técnicas de modulación más comunes ya que para ser enviadas de un lugar a otro a través de un medio de transmisión las señales de información tienen primero que ser moduladas. El capítulo 3 tiene como título Multicanalización ya que ésta se hace necesaria para aprovechar los anchos de banda de los medios de transmisión. El capítulo 4 es un compendio de los principales protocolos de redes de comunicación. Finalmente, en el capítulo 5 una vez comprendidos los conceptos de redes de voz y datos se procede a la interconexión de una red corporativa de voz y datos bajo el esquema del TCP/IP.

CAPITULO 1

REDES DE COMPUTADORAS

1.1 TOPOLOGIAS

El término topología se refiere a la forma de conectar las microcomputadoras y los cables de comunicación que componen una red.

Los objetivos que se persiguen al establecer una determinada topología son:

1. Máxima fiabilidad al momento de establecer el tráfico, es decir que la transferencia de datos se realice correctamente (sin errores) entre los ETD (Equipo terminal de Datos. Este término proviene de los estándares de protocolo de la Sección de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones aplicado a computadores y/o terminales para distinguirlos de una red de conmutación de paquetes a la que están conectados.). Lo anterior se hace posible gracias a la recuperación de errores o datos perdidos en la red debido a fallas en el canal o en los elementos de la red.
2. Coste mínimo entre ETD transmisor y ETD receptor, esto es posible minimizando la longitud del canal entre componentes a comunicar.
3. Rendimiento óptimo y tiempo de respuesta mínimo.

Las topologías más comunes se enlistan a continuación:

TOPOLOGIA DE ARBOL

En este tipo de topología el ETD de mayor jerarquía (raíz) es el que controla la red (Como se ilustra en la figura 1.1).

Esta topología es muy utilizada, emplea un software de control de red relativamente simple, aunque tiene un problema muy serio ya que si fallara el nodo principal, la red completa dejaría de funcionar.

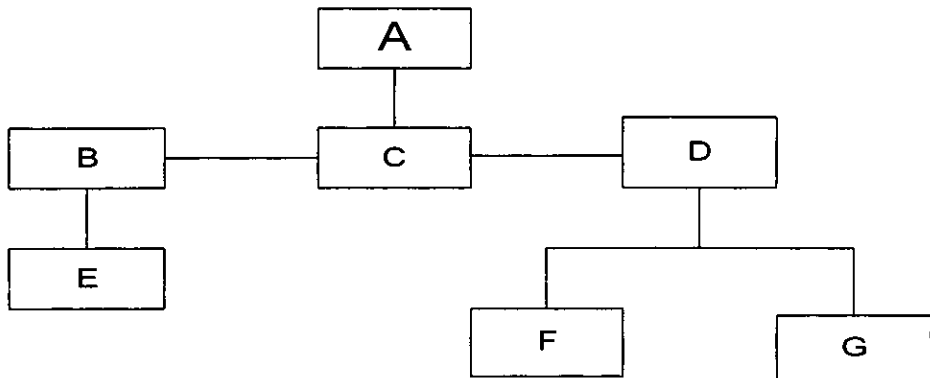


Figura 1.1. Topología de Arbol.

TOPOLOGIA DE BUS

La característica principal de este tipo de topología es que tiene un solo canal de comunicación llamado BUS al que se conectan todos los dispositivos de la red. Así es que si dicho bus llegara a fallar, la red dejará de trabajar.

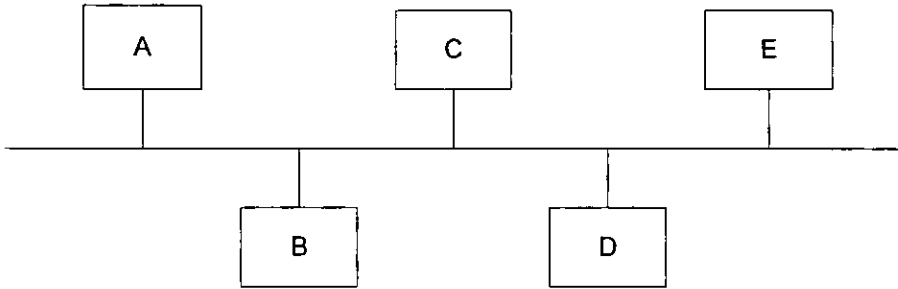


Figura 1.2. Topología de Bus.

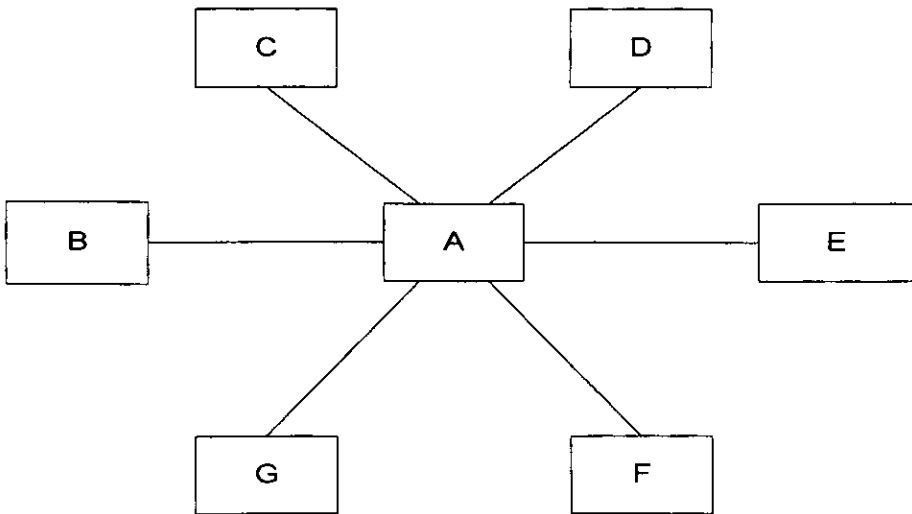


Figura 1.3. Topología de Estrella.

TOPOLOGIA DE ESTRELLA

La topología estrella se caracteriza por tener un controlador central con una conexión directa para cada estación. Si alguna estación conectada al nodo central llegase a fallar éste no afecta el funcionamiento de la red.

TOPOLOGIA DE ANILLO

En este tipo de topología el flujo de datos viaja en forma circular, es decir cada estación recibe la información y la envía a la siguiente estación hasta cerrar el circuito.

La desventaja de este tipo de topología es que todas las estaciones manejan un solo canal de comunicación por lo que si éste llega a fallar, la red deja de funcionar.

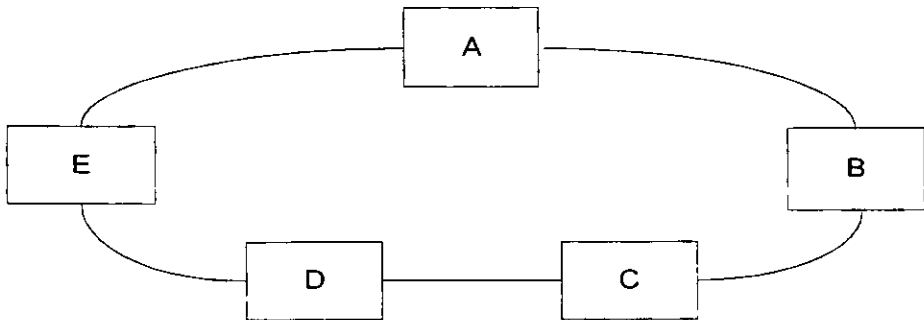


Figura 1.4. Topología de Anillo.

TOPOLOGIA MALLA

En esta topología los ETD se interconectan entre sí teniendo muchos canales de comunicación, éste tipo de arreglo es costoso pero tiene la ventaja de que si algún nodo ó canal llegase a fallar, la información tiene la alternativa de ser enviada a otro nodo y tomar canales distintos.

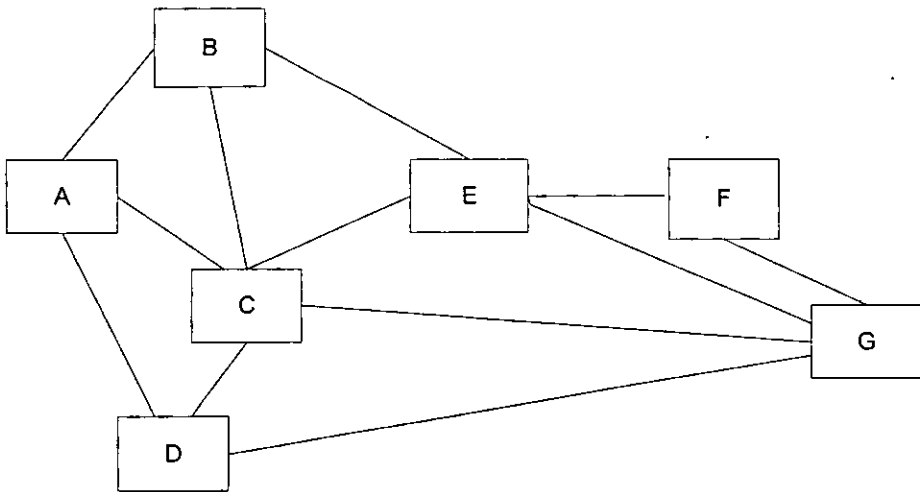


Figura 1.5. Topología Malla.

1.2 MODELO OSI

El modelo OSI como se le conoce por sus siglas en inglés (Open Systems Interconnection) ó Interconexión de Sistemas Abiertos (ISA) tiene como finalidad los siguientes puntos:

1. Hacer posible el particionamiento lógico de una red en unidades más pequeñas para comprender mejor cada una de sus funciones.
2. Hacer factible la estandarización de interfaces entre funciones de red.
3. Obtener simetría entre las funciones que se llevan a cabo en cada nodo de red.
4. Proporcionar los medios que prevean y controlen los cambios que se realicen en la red lógica.
5. Proporcionar un lenguaje estándar que haga posible el entendimiento entre diseñadores, administradores, fabricantes y usuarios de redes.

El modelo OSI es un estándar formado de siete niveles o capas como se muestra en la figura 1.6.

Capa de aplicación
Capa de presentación
Capa de sesión
Capa de transporte
Capa de red
Capa de enlace de datos
Capa física

Figura 1.6. Modelo OSI.

Este modelo fue desarrollado por ISO y CCITT y ha sido adoptado por la mayoría de los fabricantes.

Sus principales objetivos son:

1. Tener un estándar en la comunicación entre sistemas.
2. Permitir la interconexión entre equipos (una sola instalación).
3. Establecer los puntos de interconexión para el intercambio de información.
4. Facilitar el aumento en la capacidad de comunicación.

1.2.1 CAPA DE APLICACION

Los programas del usuario (aplicaciones) están contenidos en la capa de aplicación y emplean los servicios de la capa de presentación.

Las aplicaciones mas comunes son la transferencia de archivos y el acceso de archivos remotos. Las tres capas superiores del modelo OSI tienen gran interacción, por lo que si alguna de ellas falla, las otras tampoco funcionan.

La entidad de aplicación (AE) esta formada por los protocolos denominados elementos de servicio de aplicación (ASE) de los cuales mencionaremos solo los cuatro mas importantes:

ACSE : Elemento de servicio de control de asociación.

RTSE : Elemento de servicio de transferencia fiable.

ROSE : Elemento de servicio de operaciones remotas.

CCR : Depósito, concurrencia y recuperación.

ACSE. Este ASE gestiona el establecimiento y cierre de asociaciones entre aplicaciones. Lleva a cabo el encapsulamiento de los elementos de servicio de aplicación útiles para dar soporte a las aplicaciones de usuario. Posibilita la negociación de opciones entre aplicaciones. ACSE se ocupa del inicio y final de la conexión entre dos aplicaciones, mientras que el ASE es utilizado para conectar a los usuarios. Las primitivas de ACSE se muestran en la figura 1.7.

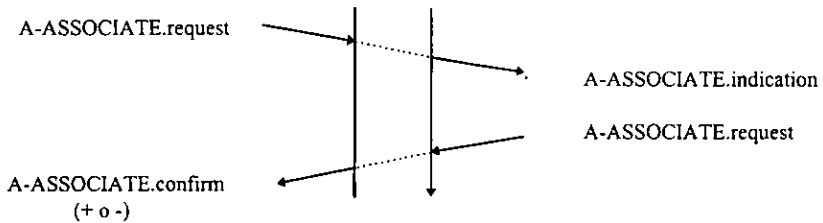


Figura 1.7. Primitivas de ACSE.

RTSE. Asegura una transferencia fiable, dando operaciones de temporización con lo cual asegura la recepción de datos. La AE de origen utiliza la primitiva RT-TRANSFER.request para enviar datos. La AE destino responde con un RT-TRANSFER.indication y el proveedor de servicio emite una contestación de confirmación con un RT-TRANSFER.confirm.

ROSE. Es un servicio de llamada de procedimientos (RPC), se emplea en las actividades orientadas a la transacción de entidades. ROSE se basa en un modelo cliente-servidor (comunicación asimétrica) donde el cliente ó solicitante envía un mensaje de solicitud a un proceso que se denomina servidor, espera a que el servidor realice determinada acción y envíe una respuesta de aprobación o fallo.

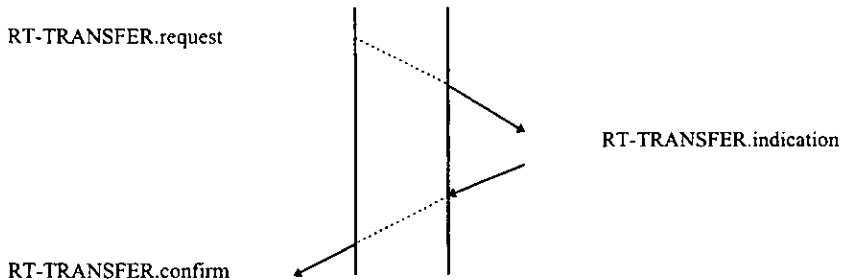


Figura 1.8. Transferencia de datos con RTSE.

CCR. Gestiona el tráfico entre archivos y bases de datos, además proporciona puntos de comprobación y vuelta atrás. Tiene una arquitectura tipo árbol donde se tienen entidades superiores, las cuales controlan las operaciones de entidades subordinadas. Estas entidades operan sobre archivos, bases de datos, etc., el CCR establece reglas para que los dos tipos de entidades operen sobre el objeto a modificar.

CCR emplea varios servicios para llevar a cabo sus operaciones. Algunos servicios se enuncian a continuación:

C-BEGIN. Es originado por un superior llamado iniciador. C-BEGIN activa una primitiva principal de sincronización de la capa de presentación, la cual es enviada a la capa de sesión para llevar a cabo la acción.

C-READY. Indica que una entidad esta lista para llevar a cabo una acción.

C-COMMIT. Es originado por el iniciador tras recibir un aviso de dispuesto y con este servicio ordena que la acción se lleve a cabo.

C-PREPARE. Es enviado por un superior para verificar si el subordinado esta listo para llevar a cabo la acción.

C-REFUSE. Con este servicio una entidad rehusa participar en una acción.

1.2.2 CAPA DE PRESENTACION

La capa de presentación se ocupa de la preservación del significado de la información transportada. La función de la capa de presentación es codificar los datos del formato utilizado por el equipo transmisor para que puedan ser enviados por el medio de transmisión y posteriormente, decodificarlos en el extremo receptor.

Representación de datos

Debido a que los ordenadores tienen diferentes representaciones internas para los datos, se tiene que realizar una conversión en algún lugar. Si no se realiza esta conversión, el significado de los datos cambia y el trabajo de las cinco capas inferiores resulta inútil, pues mientras que estas capas se encargan de que la transmisión bit a bit sea correcta, en la capa 6 se tendrá un significado en la recepción diferente al significado que se transmitió.

Primitivas del servicio de presentación

Las primitivas del servicio OSI en la capa de presentación son, en su mayoría idénticas a las de la capa de sesión.

P-CONNECT	X	X	X	X	Establecimiento de una conexión de presentación
P-RELEASE P-U-ABORT P-P-ABORT	X X	X XX	X	X	Terminación ordenada Liberación abrupta iniciada por el usuario Liberación abrupta iniciada por el proveedor
P-DATA P-EXPEDITED-DATA P-TYPED-DATA P-CAPABILITY-DATA	X X X X	X XX X	X	X	Tránsito de datos normales Transferencia de datos acelerados Transferencia de datos fuera de banda Transferencia de datos de información de control
P-TOKEN-GIVE P-TOKEN PLEASE P-CONTROL-GIVE	X X X	X X X			Proporciona un testigo al corresponsal Solicita un testigo al corresponsal Proporciona todos los testigos
P-SYNC-MAJOR P-SYNC-MINOR P-RESYNCHRONIZE	X X X	X X X	X X X	XX X	Inserta un punto de sincronización mayor Inserta un punto de sincronización menor Regresa a un punto de sincronización anterior
P-ACTIVITY-START P-ACTIVITY-END P-ACTIVITY-DISCARD P-ACTIVITY-INTERRUPT P-ACTIVITY-RESUME	X X X X X	X X X XX	XX X	XX X	Inicia una actividad Termina una actividad Abandona una actividad Suspende una actividad Reinicia una actividad suspendida
P-U-EXCEPTION-REPORT P-P-EXCEPTION-REPORT	X	XX			Notificación de una excepción del usuario Notificación de una excepción del proveedor
P-ALTER-CONTEXT	X	X	X	X	Cambia el contexto

a)

P-UNIDATA	X	X			Transferencia de datos sin conexión
-----------	---	---	--	--	-------------------------------------

b)

Tabla 1.1. a) Primitivas del servicio de presentación orientado a conexión. b) Primitivas del servicio de presentación sin conexión.

Al establecer una sesión con la primitiva P-CONNECT.request, esta genera un S-CONNECT.request. Por lo que se observa que casi todas las primitivas del servicio de presentación sólo son transferidas a la capa de sesión. Ver Tabla 1.1.

Las tres últimas líneas originadas en la capa de presentación, que también pasan a la capa de sesión, permiten a los usuarios incluir cualquier estructura compleja de datos necesaria para una aplicación en particular. A una asociación de estructuras de datos asociadas en grupos se le denomina contexto.

1.2.3 CAPA DE SESION

Las capas de sesión, presentación y aplicación conforman las capas superiores del Modelo de Referencia OSI.

Las cuatro capas inferiores están diseñadas para garantizar una comunicación de extremo a extremo, mientras que el objetivo de las capas superiores es proporcionar una serie de servicios orientados al usuario.

La capa de sesión tiene pocas características si se le compara con las capas inferiores, además la capa de sesión no es tan importante como la capa de transporte por lo que muchas de sus aplicaciones no utilizan su reducido número de características.

Servicios suministrados a la capa de presentación

El objetivo de la capa de sesión es proporcionar una forma mediante la cual los usuarios de la capa de sesión (ya sean entidades de presentación o procesos del usuario) establezcan conexiones llamadas sesiones, y transfieran datos sobre ellas de manera ordenada. En la capa de sesión se manejan primitivas orientadas a conexión y sin conexión.

Sin embargo una sesión sin conexión no utiliza las características de la capa de sesión orientadas al usuario.

Cuando se crea una solicitud para que la capa de sesión establezca una sesión, se deberá establecer una conexión de transporte que se encargue de soportar la conexión. La conexión de transporte se libera al terminar la sesión. También es posible que sesiones consecutivas utilicen la misma conexión de transporte. Existe también la opción de que una sola sesión abarque múltiples conexiones de transporte, esto pudiera originarse como consecuencia de un fallo en la conexión de transporte ya que la capa de sesión puede establecer una nueva conexión de transporte y continuar la sesión sobre la nueva conexión.

Intercambio de datos

El intercambio de datos es la característica más importante de la capa de sesión. Una sesión, igual que una conexión de transporte, sigue un proceso de tres fases: Establecimiento, Utilización y Liberación.

Cuando un usuario de sesión invoca una primitiva S-CONNECT.request para establecer una sesión, el proveedor de sesión ejecuta un T-CONNECT.request para establecer una conexión de transporte. Para establecer una sesión, al igual como para establecer una conexión de transporte, se necesita una negociación mediante la cual establecer los valores de varios parámetros, algunos de los cuales pertenecen a la conexión de transporte, tales como la calidad de servicio, la bandera que indica si se permiten o no los datos acelerados. Otros están únicamente relacionados a la capa de sesión.

Existen también grandes diferencias entre una sesión y una conexión de transporte. La diferencia principal es la forma como se liberan las sesiones y las conexiones de transporte. La conexión de transporte se libera con la primitiva T-DISCONNECT.request, mediante la cual se produce una desconexión abrupta que puede ocasionar una pérdida de datos que estén en tráfico al momento de la liberación. Mientras que el término de la sesión

se realiza con la primitiva S-RELEASE.request, con la cual se obtiene una “liberación ordenada” evitando la pérdida de datos. La primitiva S-U-ABORT.request funciona de igual forma a la primitiva T-DISCONNECT.request.

Con la liberación abrupta, el usuario que emite la primitiva de desconexión T-DISCONNECT.request no podrá recibir mas datos y puede ser que los que estaban en camino ya no sean recibidos ya que el proveedor del servicio de transporte solo emite un T-DISCONNECT.indication sin que el usuario remoto pueda siquiera rechazar la solicitud de liberación.

Con la liberación ordenada el usuario que emite la solicitud de desconexión puede seguir recibiendo datos hasta que el usuario remoto envíe una confirmación de liberación. De esta manera no solo basta enviar un S-RELEASE.request para terminar una sesión sino que el usuario remoto debe estar de acuerdo, si éste rechazara la solicitud de desconexión la sesión continuaría hasta que ambos estuvieran de acuerdo en finalizarla, para esto se utiliza una comunicación con las primitivas Solicitud (request), Indicación (indication), Respuesta (response) y Confirmación (confirm). Ambos tipos de liberación se muestran en la figura 1.9 a) y b).

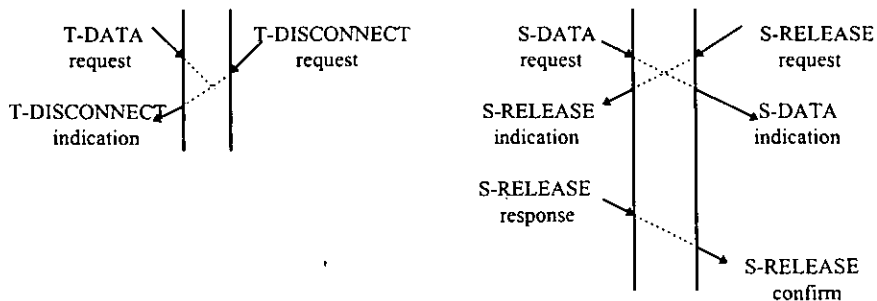


Figura 1.9. a) Liberación abrupta. b) Liberación ordenada.

La capa de transporte tiene dos tipos de datos: los datos normales y los datos acelerados. La capa de sesión consta además de los datos normales y acelerados, de los datos tipados y los datos de capacidad.

Administración del diálogo.

Uno de los servicios de la capa de sesión es proporcionar un software con comunicación semidúplex, es decir en la que los usuarios tomen turnos. Este tipo de software se presenta en las capas superiores.

La administración del diálogo consiste en determinar a quien le toca el turno de hablar y verificar que lo haga en su momento.

Para realizar la administración del diálogo se emplea un testigo de datos. Así, solo el usuario que tenga el testigo podrá transmitir datos, mientras el otro tendrá que esperar. Cuando el poseedor del testigo haya terminado su transferencia podrá pasar el testigo al otro usuario mediante la primitiva S-TOKEN-GIVE.request, como se muestra en la figura 1.10.

El usuario que quiera transmitir datos pero que no tenga el testigo puede solicitar éste mediante la primitiva S-TOKEN-PLEASE.request. El usuario que en ese momento posea el testigo puede acceder a la solicitud y pasar el testigo, o puede rechazar la solicitud, de tal manera que el otro usuario tendrá que esperar (puede también mandar un mensaje de urgencia usando los datos acelerados que no requieren de testigo).

También en esta capa se puede seleccionar el modo de transferencia dúplex de tal modo que no será necesario el uso de un testigo para la transmisión de datos.

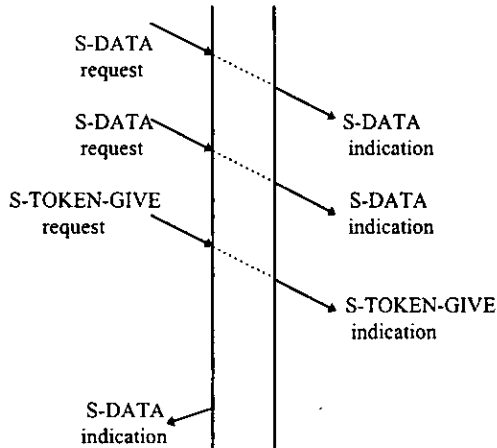


Figura 1.10. Comunicación semidúplex manejada con un testigo.

Sincronización.

La sincronización es otro servicio de la capa de sesión cuyo objetivo es recuperar la transferencia de datos en caso de que haya errores o algún desacuerdo. Aparentemente este servicio está demás ya que el trabajo de la capa de transporte es la recuperación de errores de comunicación y fallos en la red. Es decir, la capa de transporte se encarga de mover ráfagas de bits de manera segura del emisor al receptor. Así que las capas superiores se encargan de verificar que los dispositivos que componen al emisor y receptor trabajen correctamente y de manera sincronizada.

Una forma de evitar fallas en la capa de sesión es dividiendo el texto en páginas insertando un punto de sincronización entre cada una de ellas. De manera que si hubiera una falla, la sesión pueda restablecerse hasta el punto de sincronización previo y continuar la transferencia. La capa de sesión proporciona una forma de transportar señales de sincronización y resincronización numeradas a través de la red.

Administración de actividades.

La administración de actividades es una característica importante de la capa de sesión donde el usuario divide el flujo de mensajes en unidades lógicas llamadas actividades.

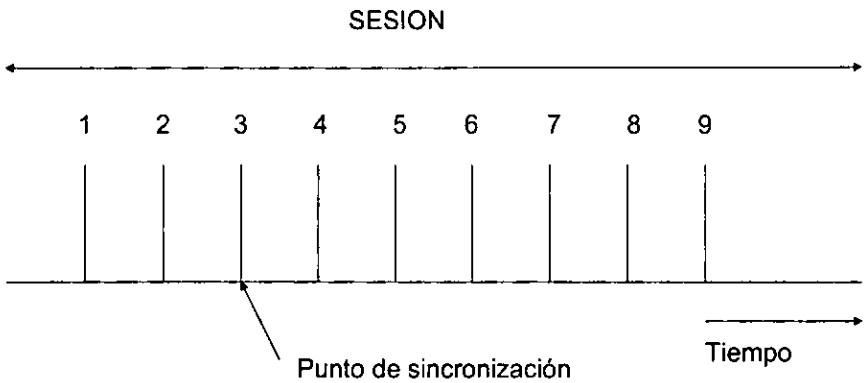


Figura 1.11. Puntos de sincronización.

Para determinar dónde inicia y finaliza una actividad, el emisor genera una primitiva S-ACTIVITY-START.request antes de iniciar la transferencia. La primitiva es recibida en el otro extremo como un S-ACTIVITY-START.indication. De la misma manera, para indicar el fin de la transferencia, se envía una primitiva S-ACTIVITY-END.

Los usuarios eligen las actividades y la capa de sesión solo se encarga de que las solicitudes S-ACTIVITY en el extremo transmisor lleguen al extremo receptor con la indicación correspondiente.

Si se quisiera interrumpir una actividad se emitiría una primitiva S-ACTIVITY-INTERRUPT.request, pudiéndose posteriormente reiniciar ésta desde el punto en que se interrumpió.

La administración de actividades también se controla mediante testigos para evitar que dos usuarios traten simultáneamente de iniciar actividades.

Primitivas del servicio de Sesión OSI

Existen 58 primitivas de sesión orientadas a conexión, las cuales podemos dividir en siete grupos:

1. Establecimiento de conexión.
2. Liberación de conexión.
3. Transferencia de datos.
4. Administración de testigos.
5. Sincronización.
6. Administración.
7. Notificación de excepciones.

El establecimiento de conexión (grupo 1) esta formado por cuatro primitivas, donde la primitiva S-CONNECT.request especifica un identificador de sesión, las direcciones SSAP del que llama y del que es llamado, la calidad de servicio, el número inicial de los puntos de sincronización, la asignación inicial de testigos, algunos datos del usuario y otras opciones.

La liberación de conexión (grupo 2) está formada por siete primitivas; por ejemplo con la primitiva S-RELEASE.request se solicita la terminación ordenada de la sesión. También se puede negociar la liberación mediante un testigo de liberación (esta opción se puede seleccionar al momento del establecimiento de la sesión) de esta manera, sólo el poseedor del testigo puede iniciar la liberación. Otra forma de liberación es la liberación abrupta que puede llevarse a cabo por el usuario o por el proveedor, donde éste último puede iniciar la liberación sólo en el caso de que se detecte algún error.

En la transferencia de datos (grupo 3) se tienen cuatro flujos de datos independientes:

1. Datos regulares.
2. Datos acelerados.
3. Datos tipados.
4. Datos de capacidad.

Los datos tipados son datos normales pero con la diferencia de que pueden ser enviados en cualquier momento y su llegada está definida por una primitiva S-TYPED-DATA.indication para que se manejen de forma separada. Los datos tipados se manejan de forma separada. Los datos tipados se utilizan para mensajes de control u otro tipo de propósito.

Los Datos de capacidad se destinan para el control de la capa de sesión, permite cambios en las opciones de sesión y parámetros durante la sesión. Estos datos son asentidos y solo se pueden transmitir fuera de las actividades y sólo cuando poseen los testigos de datos, de sincronización y de actividad.

El cuarto grupo de primitivas se encarga de la administración de los testigos que son cuatro, como se muestra en la tabla 1.3.

Primitiva de sesión					Significado
S-CONNECT	X	X	X	X	Establece una sesión
S-RELEASE	X	X	X	X	Termina una sesión ordenadamente
S-U-ABORT	X	X			Liberación abrupta iniciada por el usuario
S-P-ABORT		X			Liberación abrupta iniciada por el proveedor
S-DATA	X	X			Transferencia de datos normales
S-EXPEDITED-DATA	X	X			Transferencia de datos acelerados
S-TYPED-DATA	X	X			Transferencia de datos fuera de banda
S-CAPABILITY-DATA	X	X	X	X	Transferencia de datos de información de control
S-TOKEN-GIVE	X	X			Dar un testigo al corresponsal
S-TOKEN-PLEASE	X	X			Solicitar un testigo del corresponsal
S-CONTROL-GIVE	X	X			Dar todos los testigos al corresponsal
S-SYNC-MAJOR	X	X	X	X	Insertar un punto de sincronización mayor
S-SYNC-MINOR	X	X	X	X	Insertar un punto de sincronización menor
S-RESYNCHRONIZE	X	X	X	X	Regresar a un punto de sincronización anterior
S-ACTIVITY-START	X	X			Inicio de una actividad
S-ACTIVITY-END	X	X	X	X	Fin de una actividad
S-ACTIVITY-DISCARD	X	X	X	X	Abandono de una actividad
S-ACTIVITY-INTERRUPT	X	X	X	X	Suspensión de una actividad
S-ACTIVITY-RESUME	X	X			Reinicio de una actividad suspendida
S-U-EXCEPTION-REPORT	X	X			Notificación de una excepción del usuario
S-P-EXCEPTION-REPORT		X			Notificación de una excepción del proveedor

Tabla 1.2. Primitivas del servicio de sesión orientado a conexión.

Tipo de testigo	Controla
Testigo de datos	Transferencia de datos en un modo semidúplex
Testigo de liberación	Inicio de una liberación ordenada
Testigo de sincronización menor	Inserción de puntos de sincronización menor
Testigo de actividad/mayor	Actividad u operaciones de sincronización mayor

Tabla 1.3. Testigos de la capa de sesión.

Con la primitiva S-TOKEN-GIVE.request se pueden otorgar uno ó más testigos a la entidad. La primitiva S-TOKEN-PLEASE.request es utilizada para obtener los testigos especificados. La primitiva S-CONTROL-GIVE.request se emplea para reiniciar a todos los testigos.

En el quinto grupo tenemos las primitivas de sincronización y todas se confirman y requieren la posesión de los testigos relevantes.

En el sexto grupo se encuentran las primitivas relacionadas con la administración de actividades, donde estas pueden ser iniciadas, interrumpidas, reanudadas y desechadas. También la administración de actividades está controlada por testigos.

En el último grupo se tienen las primitivas de notificación de excepciones, donde el proveedor decide si emite la primitiva S-P-EXCEPCION.

1.2.4 CAPA DE TRANSPORTE

Su principal objetivo es el transporte seguro de datos y que éste se realice en forma económica. Los servicios de transporte son dos: orientados a conexión y sin conexión.

Los servicios de transporte orientados a conexión como en los de red se basan en tres puntos: Establecimiento de la conexión, Transferencia de datos y Liberación. También los procesos de direccionamiento y control de flujo son muy similares. El servicio de transporte sin conexión es también muy similar al servicio de red sin conexión.

La finalidad de tener una capa de transporte es ofrecer una mejor calidad en el servicio, que pueda corregir errores así como establecer otra conexión de red en caso de que se interrumpiera su conexión original.

La capa de transporte marca una división entre las siete capas OSI como proveedoras del servicio de transporte y usuario del servicio de transporte.

Es gracias a la capa de transporte que los programas de aplicación escritos utilizando un conjunto normalizado de primitivas puedan funcionar en una gran cantidad de redes.

Calidad de Servicio

La función principal de la capa de transporte es la de enriquecer la calidad de servicio dada por la capa de red. Así si el servicio de la capa de red fue excelente, la capa de transporte tendrá una labor sencilla, pero si el servicio de red tuvo deficiencias, la capa de transporte tendrá que subsanar éstas y mejorar el servicio.

El servicio de transporte OSI permite al usuario especificar valores preferidos, aceptables y no aceptables al momento en que se realiza la conexión.

A continuación se revisan los parámetros de la calidad de servicio.

Retardo en el establecimiento de la conexión.- Es el tiempo empleado entre una solicitud de conexión de transporte y la confirmación. Entre menor sea este retardo es mejor la calidad de servicio dado.

Probabilidad de fallo de establecimiento de conexión.- Existe un tiempo máximo de retardo permitido para establecer una conexión, si después de este tiempo máximo no se establece la conexión, se considera como fallo.

Retardo de tránsito.- Es el tiempo que transcurre entre el envío y recepción de datos del terminal de origen al terminal destinatario.

Tasa de error residual.- Es el total de mensajes perdidos contra el total de mensajes enviados.

Probabilidad de fallo de transferencia.- En esta sección se toman en cuenta los parámetros de probabilidad de fallo de establecimiento de conexión, retardo de tránsito y tasa de error residual, estableciendo un límite para cada parámetro, donde la probabilidad de fallo es la fracción de veces que los parámetros se excedieron de los límites.

Retardo en la liberación de conexión.- Mide el tiempo de liberación de una conexión entre el transmisor y el receptor.

Probabilidad de fallo en la liberación de conexión.- Toma en cuenta la fracción de intentos de liberación que no se llevaron a cabo dentro de un intervalo de retardo establecido.

Protección.- El usuario puede especificar que protección requiere para que la capa de transporte proporcione una protección contra terceros no autorizados para leer o modificar la transferencia de datos.

Prioridad.- Con este parámetro el usuario puede especificar que información tiene prioridad para que se procese primero que la que tiene menor prioridad.

Resistencia.- Es la probabilidad de que la capa de transporte termine de forma espontánea una conexión debido a fallas internas o congestión.

Los parámetros de calidad (QOS) son proporcionados por el usuario de la capa de transporte al momento que solicita una conexión, dando los valores deseados y el mínimo aceptable. Cuando alguno de estos parámetros excede la capacidad de la capa de transporte ésta envía al usuario un fallo de conexión. Cuando la capa de transporte no puede alcanzar

los valores deseados pero puede trabajar con un valor aceptable, establece una comunicación con el terminal remoto para ponerse de acuerdo en que valores van a trabajar, siempre y cuando se contemple el mínimo aceptable. Al proceso anterior se le conoce como negociación de opciones.

Primitivas del Servicio de Transporte OSI

Las primitivas del transporte OSI contemplan tanto el servicio orientado a conexión como el servicio sin conexión.

En la tabla 1.4. se muestran las primitivas de transporte, donde éstas son similares a las primitivas de red.

T-CONNECT.request (callee, caller, exp-wanted, qos, user-data)
T-CONNECT.indication (callee, caller, exp-wanted, qos, user-data)
T-CONNECT.response (qos, responder, exp-wanted, user-data)
TCONNECT.confirm (qos, responder, exp-wanted, user-data)
T-DISCONNECT.request (user-data)
T-DISCONNECT.indication (reason, user-data)
T-DATA.request (user-data)
T-DATA.indication (user-data)
T-EXPEDITED-DATA.request (user-data)
T-EXPEDITED-DATA.indication (user-data)

a)

T-UNIDATA.request (callee, caller, qos, user-data)
T-UNIDATA.indication (callee, caller, qos, user-data)

b)

Tabla 1.4. a) Primitivas de servicio de transporte orientado a conexión. b) Primitivas de servicio de transporte sin conexión.

Una de las diferencias más importantes entre el servicio de transporte y el servicio de red es que éste está diseñado para modelar el servicio proporcionado por las redes reales, defectos y demás. Cuando se genera un error, la red emite un N-RESET, así el servicio de red permite que sus usuarios traten con los asentimientos y N-RESET. De esta forma, el usuario de transporte verá el servicio como libre de errores. Las redes reales no están libres de errores, por lo que es aquí donde la capa de transporte realiza su objetivo: dar un servicio fiable por encima de una red insegura.

El servicio de transporte intercepta los asentimientos o N-RESET provenientes del servicio de red, recuperando los errores mediante el protocolo de transporte. La capa de transporte puede también establecer una nueva conexión en caso de que la conexión de red se interrumpiera, continuando con la conexión a partir de donde se interrumpió.

Se utilizan cuatro primitivas para el establecimiento de una conexión. Una de las entidades de transporte genera una primitiva T-CONNECT.request para establecer una conexión con el usuario de transporte vinculado a la dirección del punto de acceso al servicio de transporte (TSAP). La primitiva T-CONNECT.request induce un T-CONNECT.indication en el extremo destinatario. El usuario de transporte puede aceptar la indicación enviando un T-CONNECT.request, si el destinatario acepta la indicación envía al extremo iniciador un T-CONNECT.confirm, de caso contrario enviará un T-DISCONNECT.indication.

En la figura 1.12-c se muestra un rechazo del propio proveedor de servicio (la capa de transporte). El rechazo se puede dar por fallos en la entidad de transporte local, por error del usuario de transporte, etc.

En las figuras 1.12. d a f se muestran tres formas de liberar una conexión. La manera más usual es aquella donde uno de los usuarios envía un T-

DISCONNECT.indication. Otra forma de liberación se da cuando ambos usuarios generan una primitiva T-DISCONNECT.request simultáneamente.

La desconexión de la figura 1.12. f se realiza cuando el proveedor de servicio genera primitivas T-DISCONNECT.indication en ambos extremos.

Las figuras 1.12. g y h muestran el transporte de datos normal y acelerado.

La primitiva T-EXPEDIDET-data, puede utilizarse para transmitir datos que brinquen por encima de otros datos que ya se encontraban en la cola de espera, se utiliza principalmente para enviar comandos como BREAK, DEL o de interrupción.

1.2.5 CAPA DE RED

Esta capa se encarga de que la información llegue a su destino, sin importar que tenga que pasar por varios nodos intermedios en su recorrido. La función es diferente de la capa de enlace que sólo se ocupa de mover información de un extremo de cable a otro.

La capa de red deberá conocer la topología de red y seleccionar el mejor camino a través de ella, al seleccionar una ruta deberá evitar las sobrecargas en algunas líneas, mientras deje a otras sin actividad. Deberá ser capaz de enviar la información a su destino aún cuando éste se encuentre en una red diferente.

La capa de red, así como las capas superiores también ofrece servicios orientados a conexión y sin conexión.

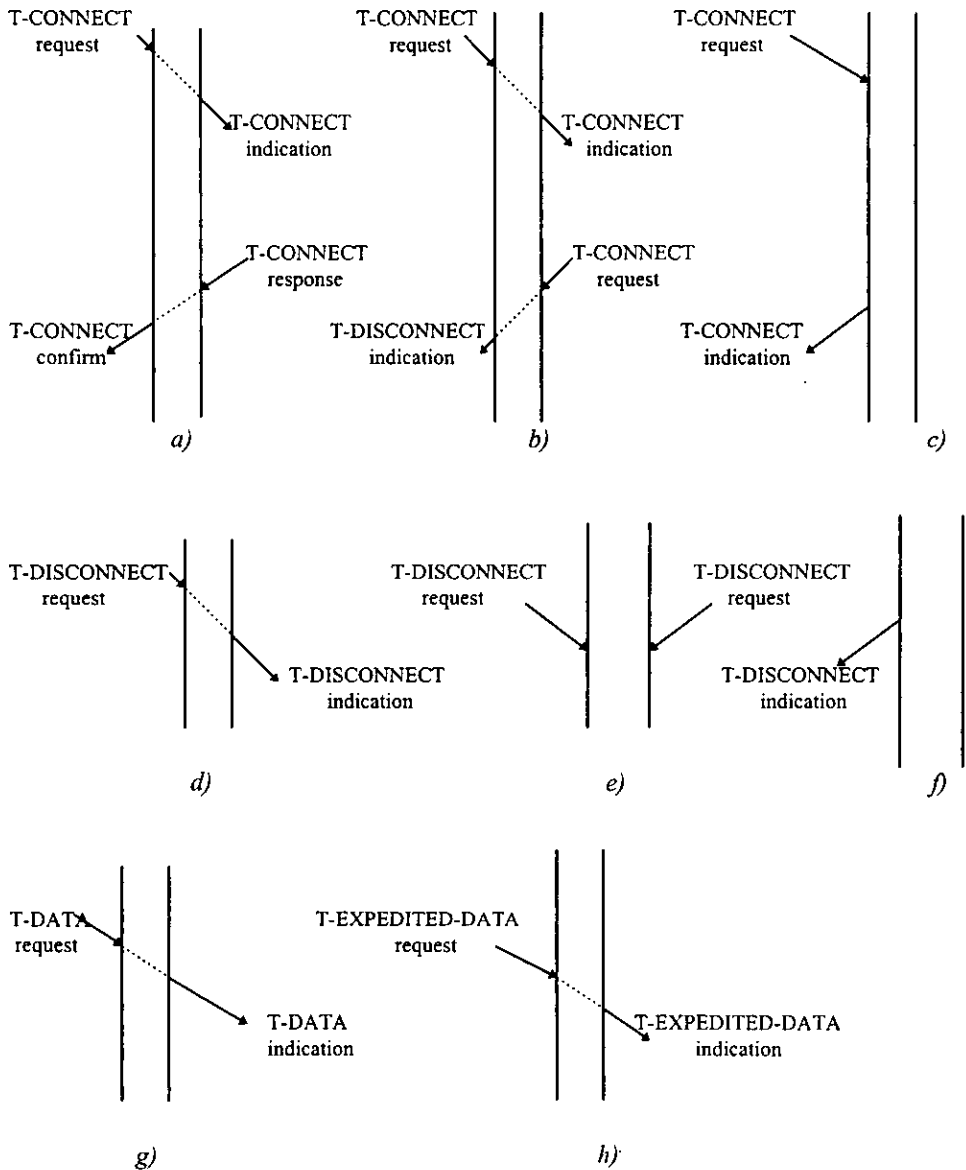


Figura 1.12. Algunas secuencias de primitivas de transporte. a) Establecimiento de conexión. b) Conexión rechazada por el usuario al que llaman. c) Conexión rechazada por la capa de transporte. d) Liberación normal de una conexión. e) Liberación simultánea de los extremos. f) Liberación iniciada en la capa de transporte. g) Transferencia de datos normales. h) Transferencia de datos acelerados.

Primitivas de servicio en una red OSI.

Las primitivas son aplicables tanto a servicios orientados a conexión como para los servicios sin conexión.

En la tabla 1.5 se muestra una lista de primitivas de servicio orientadas a conexión. Se agrupan en cuatro bloques: Establecimiento, Liberación, Uso y Restablecimiento de conexiones.

N-CONNECT.request (callee, caller, acks-wanted, exp-wanted, qos, user-data)
N-CONNECT.indication (callee, caller, acks-wanted, exp-wanted, qos, user-data)
N-CONNECT.response (responder, acks-wanted, exp-wanted, qos, user-data)
N-CONNECT.confirmation (responder, acks-wanted, exp-wanted, qos, user-data)
N-DISCONNECT.request (originator, reason, user-data, responding-address)
N-DISCONNECT.indication (originator, reason, user-data, responding-address)
N-DATA.request (user-data)
N-DATA.indication (user-data)
N-DATA-ACKNOWLEDGE.request
N-DATA-ACKNOWLEDGE.indication
N-EXPEDITED-DATA.request (user-data)
N-EXPEDITED-DATA.indication (user-data)
N-RESET.request (originator, reason)
N-RESET.indication (originator, reason)
N-RESET.response
N-RESET.confirm

Tabla 1.5. Primitivas de servicio de una red orientada a conexión

La primitiva N-CONNECT.request es utilizada para establecer una conexión donde se especifica la dirección de la red a que se quiere conectar y especifica también la dirección propia. Consta además, de dos variables booleanas que se utilizan para solicitar servicios opcionales. La opción ACKS-wanted permite al emisor solicitar un asentimiento de cada paquete. La variable se pondrá en falso en el caso de que la capa de red no proporcione asentimientos, y será enviada a su destino en la primitiva N-

CONNECT.indication. Si el destinatario no quiere utilizar asentimientos aún cuando la capa de red está en condiciones de proporcionarlos, el destinatario pone a falso el parámetro en su primitiva N-CONNECT.response. De esta manera los asentimientos serán utilizados sólo cuando ambas partes de la red lo deseen. Lo anterior es un ejemplo de negociación de opciones.

El parámetro exp-wanted es otro ejemplo de negociación y permite el uso de datos acelerados, por lo que los paquetes pueden no respetar el orden de la cola de espera y saltar al inicio de la misma.

El parámetro QOS constituye dos listas de valores que determinan la calidad del servicio de la conexión. La primera lista indica el objetivo (lo que desea el usuario que llama) mientras que la segunda lista indica los valores mínimos aceptables de los parámetros deseados por el usuario, por lo que el establecimiento de la conexión puede fallar en caso de que el servicio de la red no pueda proporcionar el valor mínimo de cualquier parámetro deseado.

Las primitivas N-CONNECT.response y N-DISCONNECT.request se utilizan para aceptar ó rechazar solicitudes de conexión respectivamente. Cuando se rechaza una conexión, el campo reason indica por que motivo fue rechazada y si el rechazo es permanente o transitorio.

N-DATA.request es utilizada para transmitir datos, cuando los datos llegan se invoca N-DATA.indication en el receptor.

La primitiva N-DATA-ACKNOWLEDGE.request es enviada por el receptor siempre que exista un acuerdo sobre asentimientos cuando éste recibe un paquete. Esta primitiva no establece un numero de secuencia por lo que pudiera llegar a haber errores. Se maneja entonces que este tipo de errores serían ya responsabilidad de la capa de transporte.

Así los asentimientos se manejan en la capa de red solo por mejorar la calidad del servicio y no por hacerlo perfecto.

Las primitivas N-RESET se utilizan en caso de fallos, por lo que las colas de espera se restablecen a su estado original. La recuperación de los N-RESET es tarea de la capa de transporte.

En la tabla 1.6 se presentan las primitivas del modelo OSI sin conexión.

N-UNIDATA.request (source-address, destination-address, qos, user-data)
N-UNIDATA.indication (source-address, destination-address, qos, user-data)
N-FACILITY.request (qos)
N-FACILITY.indication (destination-address, qos, reason)
N-REPORT.indication (destination-address, qos, reason)

Tabla 1.6. Primitivas de servicio de una red sin conexión.

Las primitivas N-UNIDATA transmiten hasta 64512 octetos de datos, éstas no generan controles de error ni flujo ni ningún otro.

Con la primitiva N-FACILITY.request, el usuario puede averiguar las características de entrega y el porcentaje de paquetes entregados. N-FACILITY.indication es otorgada por la misma capa de red. La capa de red puede notificar problemas al usuario mediante la primitiva N-REPORT.indication.

1.2.6 CAPA DE ENLACE

La capa de enlace tiene que cumplir las siguientes funciones:

1. Determinar la agrupación en tramas para la capa física.
2. Detectar errores de transmisión.
3. Regular el flujo de tramas.

Servicios suministrados a la Capa de Red

Su principal objetivo es transferir datos de la capa de red del ordenador de origen a la capa de red del ordenador destino.

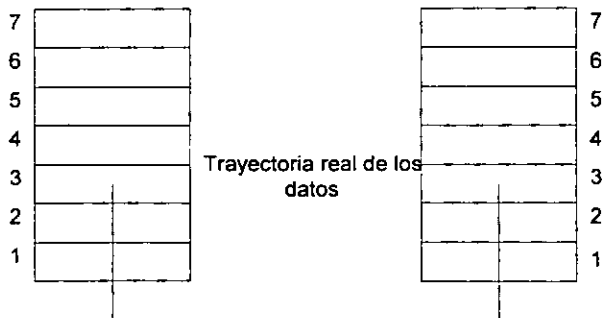


Figura 1.13. Comunicación real.

Hay muchos servicios que la capa de enlace puede ofrecer a la capa de red, algunos son:

1. Servicio sin conexión y sin asentimiento.

Consiste en que el ordenador origen transmita tramas independientes al ordenador destino sin que éste envíe alguna confirmación. No existe ningún tipo de conexión previa y tampoco se libera posteriormente.

2. Servicio sin conexión y con asentimiento.

Aquí cada una de las tramas se confirma individualmente. Si la confirmación de alguna trama no se realiza, el ordenador vuelve a transmitirla.

3. Servicio orientado a conexión .

En este tipo de servicio los ordenadores origen y destino establecen una conexión antes de transmitir datos; por lo que cada una de las tramas son numeradas, garantizando que éstas se reciban sólo una vez y en el orden correcto.

Las primitivas (operaciones) de servicio OSI se utilizan en la comunicación entre las capas de red y enlace.

Las primitivas son: Solicitud, Indicación, Respuesta y Confirmación.

La capa de red emplea la primitiva Solicitud para indicarle a la capa de enlace que establezca ó libere una conexión, o bien que transmita una trama. La primitiva de Indicación informa a la capa de red que otra máquina desea establecer o liberar una conexión, o bien que una trama está por llegar. La primitiva Respuesta es utilizada por la capa de red para contestar a una indicación. La primitiva de Confirmación indica si una solicitud fue realizada o no y la razón por la cual no fue realizada.

Entramado

La capa de enlace recibe de la capa física un flujo de bits que debe dividir en tramas discretas y calcular un código de redundancia de cada trama, esto con el fin de detectar errores en la transmisión y de ser posible corregirlos.

Existen métodos para garantizar un correcto encapsulado de tramas, los cuatro métodos más comunes son:

1. Cuenta de caracteres.

Este método utiliza una cabecera que indica el número de caracteres en la trama. Por lo que el ordenador destino sabrá donde inicia y termina una trama. El problema de este tipo de método es que si llega a ocurrir un error en el conteo del destinatario se desincronizará por completo y no sabrá donde empieza la siguiente trama, por lo que será incapaz de informar al ordenador fuente exactamente donde fue el error. Por ésta situación éste método es muy poco utilizado.

2. Caracteres de inicio y final, con inserción de caracter.

Este método evita el problema anterior de resincronización después de un error, haciendo que cada trama inicie con una secuencia de caracteres ASCII DLE STX, y termine con una secuencia DLE ETX (DLE, STX, ETX : Escape de Enlace, Inicio de Texto y Fin de Texto respectivamente.).

El problema que pudiera existir en éste método es que hubiera una secuencia de caracteres semejantes a DLE STX ó DLE ETX de los datos, interfiriendo en el proceso de tramas. Este problema se resuelve insertando un caracter ASCII DLE en el extremo emisor justo antes de que se produzca un DLE accidental dentro de los datos. De esta manera cuando llegue ésta información al extremo receptor el DLE se elimina antes de que los datos lleguen a la capa de red. A ésta técnica se le da el nombre de inserción de caracter.

3. Banderas de inicio y final, con inserción de bit.

En éste método las tramas tienen un número de bits arbitrario. Cada trama inicia y termina con una secuencia de bits, digamos 0111110. Se tiene la regla de que cada vez que en el transmisor existan cinco 1's consecutivos en los datos se inserte un bit 0. De esta forma, cuando los datos lleguen al receptor y éste observe cinco 1's seguidos de un cero, elimine automáticamente el bit cero.

4. Violaciones de código en la capa física.

Este método se lleva a cabo en la capa física, donde la codificación presenta redundancia. Utiliza códigos físicamente inválidos para el encapsulado de tramas que tiene la ventaja de no utilizar procesos de inserción.

Control de Error.

Para asegurar que las tramas enviadas han sido recibidas en orden y correctamente, el mismo protocolo solicita al receptor envíe tramas especiales de control con las cuales el transmisor se entera si las tramas han sido recibidas, si el transmisor recibe un asentimiento negativo significa que la trama ha sido recibida incorrecta y que tendrá que enviar nuevamente dicha trama.

Se emplea también un temporizador que vence después de un intervalo de tiempo suficiente que permitiría que el emisor recibiera el asentimiento de que una trama ha sido recibida por el receptor, evitando así que el emisor espere indefinidamente que llegue un asentimiento.

También se asignan números de secuencia para evitar que se dupliquen tramas en el caso de que un asentimiento se perdiera. Así el manejo de temporizadores y asignación de números es una de las funciones principales de la capa de enlace, con esto se asegura que cada trama se pase una sola vez a la capa de red.

Control de flujo.

Se emplea en este tipo de control una retroalimentación que permite al emisor saber con que frecuencia mandar tramas, es decir si el receptor puede trabajar a la misma velocidad que el transmisor o éste tiene que moderar el flujo.

Gestión de Enlace.

La gestión de enlace es de las funciones de la capa de enlace, se encarga de las cuestiones de conexión y liberación de conexiones, además de las secuencias de números. Gestiona el tráfico independientemente del tipo de topología que se maneje.

1.2.7 CAPA FISICA

Se encarga de activar, mantener y desactivar el circuito entre el ETD (Equipo Terminal de Datos) y el DCE (Equipo de Comunicación de Datos. Este es un término de los estándares de protocolo de la Sección de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones que se aplica al equipo de conmutación que forma una red de conmutación de paquetes para distinguirlos de la computadoras o terminales que se conectan a la red.). Los estándares más utilizados para éste nivel son RS232 y V.24.

La capa física es la encargada de la transmisión de bits a través de un medio ó canal de comunicación, es decir que si se envía un bit de un valor dado la capa física tiene que entregarlo en el medio receptor con el mismo valor que se envió.

1.3 MEDIOS DE COMUNICACIÓN

1.3.1 PAR TRENZADO

El par trenzado está formado por dos alambres de cobre aislados, generalmente de 1 mm de ancho. Los alambres son trenzados en seis vueltas por pulgada en forma helicoidal con el fin de reducir la interferencia eléctrica que pudieran causar otros pares que estuvieran alrededor. Estos cables pueden llevar señales a distancias de varios kilómetros sin necesidad de amplificar dichas señales, solo para distancias muy largas es necesario el uso de repetidores. Cuando el par trenzado está expuesto a interferencias electromagnéticas se puede agrupar y cubrirse con una malla protectora. El ancho de banda va en función del calibre y de la distancia que deberá recorrer la señal.



Figura 1.14. Par trenzado.

1.3.2 CABLE COAXIAL

El cable coaxial contiene en su centro un alambre de cobre (núcleo) rodeado por un material aislante que a su vez está rodeado por un conductor cilíndrico que con frecuencia es una malla de tejido trenzado, ésta malla viene cubierta por un material plástico protector.

El ancho de banda del cable coaxial depende de su longitud, se puede obtener una velocidad de hasta 10 Mbps para longitudes de 1 Km, y en longitudes menores se puede obtener una velocidad mayor.

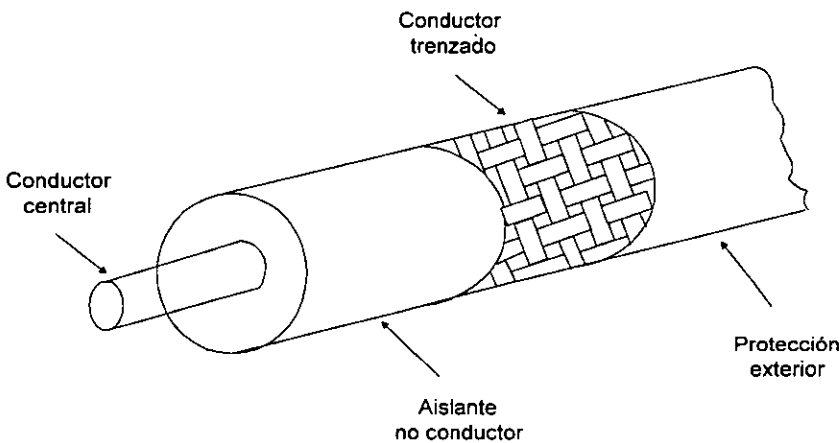


Figura 1.15. Cable coaxial.

1.3.3 SISTEMAS RF

El término radio abarca la radiación y detección de señales propagadas a través del espacio como ondas electromagnéticas que transportan información. La radiación electromagnética incluye la luz también como las ondas de radio, ambas tienen muchas

propiedades en común. Ambas son propagadas a través del espacio en línea recta a una velocidad de 300 000 000 metros por segundo y tienen amplitudes que varían cíclicamente con el tiempo, oscilan de una amplitud cero a una máxima y regresan nuevamente. El número de veces que el ciclo es repetido en un segundo es llamado frecuencia en ciclos por segundo y se simboliza con "f". El tiempo empleado en completar un ciclo es $1/f$ segundos, y a este se le llama periodo. En memoria del germano Henrich Hertz, quien llevó a cabo algunos de los primeros experimentos, el ciclo por segundo es llamado Hertz, por lo que la frecuencia se mide en hertz (Hz).

Una onda de radio propagándose a través del espacio tendrá en cualquier instante dado una variación de amplitud a lo largo de su dirección de propagación similar a su variación de tiempo, como una onda propagándose en el agua. La distancia de una cresta de onda a la siguiente es conocida como longitud de onda.

El ancho de banda de radio frecuencias es el rango de frecuencias cubierto por la señal de radiofrecuencia modulada. La información transportada por la señal de radio frecuencia tiene cierto ancho de banda asociado con ella, y la portadora de radiofrecuencia debe tener un ancho de canal al menos tan grande como el ancho de banda de la información. Una onda portadora es una onda de radiofrecuencia que transporta información. La información es unida a la onda portadora por medio de un proceso de modulación que involucra la variación de una de las características de la frecuencia portadora, como su amplitud, frecuencia ó duración.

El matemático inglés Oliver kenelly sugirió por el año de 1901 que las ondas de radio, que normalmente viajan en línea recta, son reflejadas ó refractadas a la tierra debido a capas de aire electrificadas (ionizadas) que rodean la tierra (la ionosfera). Extendiendo así el rango de las transmisiones más allá de los enlaces de vista.

Se estima que existen tres capas que pueden normalmente ser distinguidas a distancias de 50 a cerca de 400 kilómetros por encima de la superficie terrestre. Las capas

son el resultado de una descomposición de átomos de gas dando como resultado iones cargados positivamente y liberación de electrones causados por la energía radiada por el sol. Los electrones persisten en las capas más bajas durante el tiempo en que se recibe energía solar, y en las capas más altas algunos electrones pueden permanecer libres durante las horas de oscuridad.

Las tres capas son designadas como D, E, y F. La capa D esta situada a 80 kilómetros de altura y permanece solo durante las horas de luz. Debido a que absorbe las frecuencias medias y las frecuencias más bajas de las bandas de onda corta, limita el rango de tales estaciones durante el día. La capa E está situada aproximadamente a 110 kilómetros de altura, mantiene su reflectividad por cuatro ó cinco horas después de que el sol se pone. Esta capa también funciona como un buen reflector de onda corta durante el día y la noche, a menos que su reflectividad caiga bruscamente.

La más importante de la tres capas es la capa F, la cual mantiene una considerable potencia para reflejar las frecuencias más altas. Durante el día frecuentemente se divide en dos capas (f_1 y f_2) cerca de 200 y 400 kilómetros, pero durante la noche solo una capa está generalmente presente a una altura de 300 kilómetros.

1.3.4. FIBRA OPTICA

Las fibras ópticas parecen ser la elección para muchas aplicaciones en comunicaciones. La ventaja mas grande de un sistema de ondas de luz es su capacidad de transportar grandes volúmenes de información. Hoy en día existen sistemas que pueden soportar muchos miles de conversaciones simultáneas sobre un par de fibras ópticas mas delgadas que un cabello humano. Además los cables son muy ligeros y son inmunes a interferencia electromagnética.

Un sistema de comunicación de onda de luz esta formado por un transmisor, un medio de transmisión y un receptor. El transmisor toma la señal electrónica codificada, ya sea voz, video o datos y la convierte en una señal de luz, la que es transportada por el medio transmisor (un cable de fibra óptica) a un repetidor o al receptor. En el receptor la señal es detectada y convertida a pulsos eléctricos y decodificada.

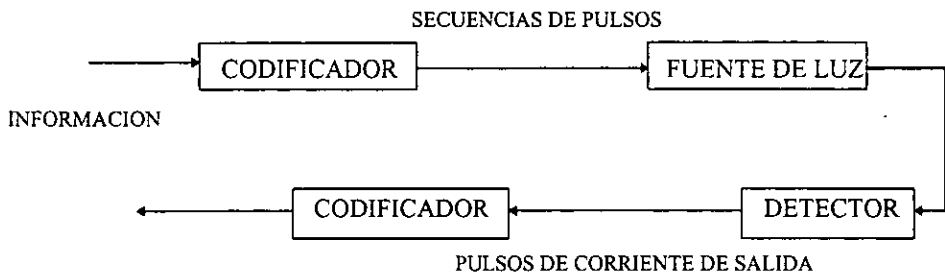


Figura 1.16. Diagrama esquemático de un sistema de comunicaciones de ondas de luz..

Clasificación de Fibras ópticas

Las fibras utilizadas en comunicaciones ópticas son guías fabricadas de un dieléctrico transparente cuya función es guiar la luz a través de grandes distancias. Una fibra óptica está formada por un cilindro de vidrio al que se le llama núcleo, rodeado por un escudo de vidrio de bajo índice de refracción llamado revestimiento. Las fibras ópticas pueden ser clasificadas en términos del perfil del índice de refracción del núcleo y del modo en que se propaga la señal dentro de la guía, por lo que pueden ser fibras monomodo (un solo modo de propagación) y multimodo (varios modos de propagación). Si el núcleo de la fibra tiene un índice de refracción uniforme n_1 esta es llamada fibra de índice escalonado. En cambio, si el centro de la fibra tiene un índice de refracción no uniforme que

gradualmente decremanta del centro al revestimiento del núcleo, la fibra es llamada fibra de índice gradual.

El revestimiento que rodea al núcleo tiene un índice de refracción uniforme n_2 que es ligeramente mas bajo que el índice de refracción de la región del núcleo.

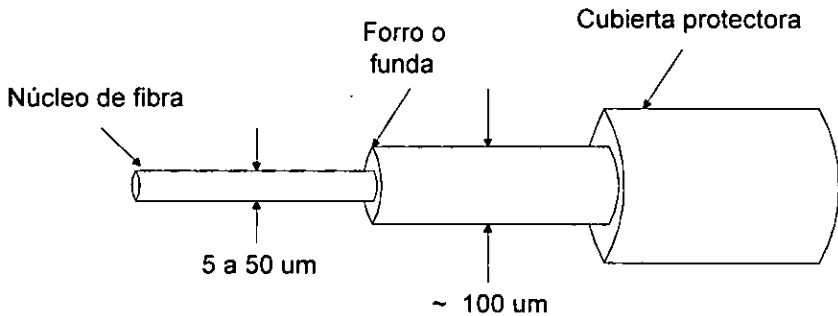


Figura 1.17. Fibra óptica.

La tabla 1.7 muestra algunas de las ventajas y aplicaciones de los diferentes tipos de fibras.

Cuando el medio de transmisión debe tener un gran ancho de banda (como por ejemplo bajo el océano o sistemas de larga distancia) se utiliza una fibra multimodo. Para requerimientos de ancho de banda de sistemas intermedios entre 20Mhz Km y 2Ghz Km tales como troncales entre oficinas telefónicas o en redes de área local, se pueden utilizar fibras monomodo o multimodo de índice gradual. Para aplicaciones como enlaces cortos de datos con requerimientos de ancho de banda bajos, se pueden utilizar ambas fibras multimodo índice gradual o índice escalonado.

	FIBRA MONOMODO	FIBRA MULTIMODO DE INDICE GRADUAL	FIBRA MULTIMODO DE INDICE ESCALONADO
FUENTE	LASER	LASER O LED	LASER O LED
ANCHO DE BANDA	EXTREMADAMENTE GRANDE >3GHZ KM	MUY GRANDE 200MHZ A 3GHZ KM	GRANDE >200MHZ KM
EMPALMES	DIFICIL DEBIDO AL PEQUEÑO NUCLEO	DIFICIL PERO MANEJABLE	DIFICIL PERO MANEJABLE
EJEMPLO DE APLICACIÓN	SISTEMA DE CABLE SUBMARINO	SISTEMA DE DISTRIB. TELEFONICA	LINEAS DE DATOS
COSTO	MENOS ALTO	MAS ALTO	MUY ALTO

Tabla 1.7. Algunas ventajas y aplicaciones de los diferentes tipos de fibras.

Debido a sus bajas pérdidas y gran capacidad de ancho de banda, las fibras ópticas tienen la gran ventaja de poder ser utilizadas donde quiera que se emplee el par trenzado o cable coaxial como medios de transmisión en un sistema.

Las características y ventajas de la fibra óptica la hacen un medio de transmisión muy redituable. Algunas de las ventajas son:

1. Bajas pérdidas y un amplio ancho de banda.
2. Pequeño radio de curvatura.
3. No conductiva, no radiactiva y no inductiva.
4. Ligera.

1.3.5. SATELITES

En las comunicaciones vía satélite, la estación terrestre transmite señales hacia el satélite a una frecuencia de microondas f_1 , el satélite recibe la frecuencia (enlace ascendente) la amplifica y la retransmite hacia otra estación terrestre a otra frecuencia f_2 (enlace descendente), ambas frecuencias son distintas, esto con el propósito de evitar que se interfieran entre sí. Por lo tanto, vemos que el satélite funciona como un repetidor. Las señales pueden ser voz, imagen ó señales de televisión.

Los satélites contienen un dispositivo llamado transpondedor en el cual reside la capacidad de los satélites para transmitir y recibir señales, éstos operan a frecuencias del orden de los Gigahertz. Las bandas de 3.7 a 4.2 GHz y 5.95 a 6.45 GHz se han designado como frecuencias de telecomunicación vía satélite, para flujos de información provenientes del ó hacia el satélite. En la actualidad éstas bandas a las que se les conoce como bandas 4/6 GHz, se encuentran superpobladas. Las bandas superiores siguientes disponibles para la telecomunicación son las de 12/14 GHz.

BANDA	SUBIDA (GHz)	BAJADA (GHz)
L	1.600	1.400
C	5.925 - 6.425	3.700 - 4.200
C	5.850 - 7.075	3400 - 4.200 4.500 - 4.800
X	7.925 - 8.425	7.250 - 7.750
Ku	14.00 - 14.500	10.950 - 11.200 11.450 - 11.700
	12.750 - 13.250 14.000 - 14.500	10.700 - 11.700
	14.000 - 14.500	11.700 - 12.200
	17.300 - 17.800	12.250 - 12.750
Ka	27.500 - 31.000	17.700 - 21.200

Tabla 1.8. Banda de frecuencias.

Los satélites se sitúan en órbitas geoestacionarias a 36 000 kilómetros de la Tierra por encima del ecuador, por lo que su periodo orbital es de 24 horas, su velocidad es de 11 070 km/hr, con lo cual el efecto de la velocidad del satélite y de la atracción de la gravedad terrestre hacen que la posición del satélite permanezca fija respecto a la superficie terrestre.

Un satélite típico divide su ancho de banda de 500 MHz en aproximadamente una docena de receptores transmisores, cada uno con un ancho de banda de 36 MHz. Cada

receptor-transmisor puede emplearse para codificar un flujo de información de 50 Mbps, 800 canales de voz digitalizada de 64 Kbps, o bien, otras combinaciones diferentes. Además dos receptores-transmisores pueden utilizar señales con diferente polarización, de tal manera que empleen la misma banda de frecuencia sin que existan problemas de interferencia.

Cada satélite está equipado con múltiples antenas receptores-transmisores. Cada uno de los haces de información provenientes del satélite puede enfocarse sobre un área geográfica muy pequeña, de tal forma que se pueden hacer variar transmisiones simultáneas de haces hacia el satélite. A éstas transmisiones se les llama trazas de ondas dirigidas, normalmente tienen una forma elíptica y un tamaño muy pequeño de solo unos cuantos cientos de kilómetros de diámetro.

Las redes de radio paquetes utilizan radio frecuencias operando en rangos de 1 a 30 Mhz para microondas y de 3 a 10 Ghz para satélites. Existen varias técnicas de acceso y control de flujo donde las más utilizadas son: Acceso múltiple por división tiempo (TDMA), Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) y Acceso múltiple por detección de portadora (CSMA), éstas técnicas se describen brevemente a continuación:

TDMA

El TDMA transmite portadoras moduladas digitalmente con multicanalización por división de tiempo, donde a cada estación terrena participante se le asigna una ranura de tiempo específica (intervalo) dentro de una trama TDMA evitando así colisiones entre portadoras de otras estaciones.

FDMA

Con ésta técnica se asignan bandas de frecuencia específicas de RF para las estaciones terrenas para los enlaces de subida y bajada dentro de un ancho de banda

determinado, donde las bandas de frecuencias son denominadas subdivisiones y cada subdivisión es empleada para llevar un canal de voz. Cualquier subdivisión puede ser empleada por cualquiera de las estaciones terrenas que esten participando. Para que dos estaciones terrenas no transmitan en la misma subdivisión al mismo tiempo se emplea un mecanismo de control que también es utilizado para establecer o terminar enlaces, luego entonces, con ésta técnica se pueden tener n usuarios transmitiendo todo el tiempo pero cada uno debe utilizar solo una porción del total de ancho de banda.

CSMA

Con la técnica CSMA cada usuario que quiera transmitir tiene que escuchar el canal para determinar si hay tráfico por dicho canal, si no se detecta a otro usuario transmitiendo entonces podrá empezar a transmitir, si dos estaciones tratan de transmitir al mismo momento después de haber sentido que no había ninguna otra estación transmitiendo se producirá una colisión con lo que ambas estaciones tendrán que suspender su transmisión y esperar un tiempo aleatorio para tratar de enviar nuevamente su información.

MEDIO DE TX	ANCHO DE BANDA	LONGITUD MAXIMA	TOPOLOGIA
PAR FISICO	1 Mbps	Hasta 3 Km	anillo, estrella, bus, árbol
COAXIAL	10 Mbps	1 a 10 Km	principalmente bus, árbol y raramente anillo
FIBRA OPTICA	1 Gbps	10 Km	anillo, estrella
MICROONDAS	30 Mhz	40 Km	interconectan redes metropolitanas y redes de largo alcance
SATELITE	500 Mhz	Cubre un radio de 1300 Km	interconecta redes de largo alcance

Tabla 1.9. Características principales de los medios de transmisión.

FALTA PAGINA

No. 46

CAPITULO 2

TECNICAS DE MODULACION

2.1. CODIGOS DE LINEA

Los niveles lógicos TTL, CMOS, etc., tienen que ser convertidos a una forma adecuada para poder ser transmitidos.

Existen dos categorías de voltajes de transmisión: unipolar (UP) y bipolar (BP). Para la transmisión unipolar se tienen los valores + V para 1 lógico y 0 V para 0 lógico. Para la transmisión bipolar se tiene + V para 1 lógico y - V para 0 lógico. Un pulso con no retorno a cero (NRZ) es aquel donde el tiempo activo del pulso binario es igual al 100 % del tiempo de bit. Un pulso con retorno a cero (RZ) es aquel donde el pulso binario es menor que el 100 % del tiempo de bit. Las categorías anteriores de voltajes de transmisión UP y BP con NRZ y RZ se combinan para obtener diferentes tipos de códigos de línea como se muestra en la figura 2.1. También en la figura se muestra otro método de codificación llamado AMI (inversión de marca alterna) donde cada 1 lógico sucesivo se invierte en polaridad del 1 lógico anterior.

Formato de codificación	BW mínimo	DC promedio	Recuperación del reloj	Detección de errores
UPNRZ	$f_b/2^a$	+ V/2	Malo	No
BPNRZ	$f_b/2^a$	0 V ^a	Malo	No
UPRZ	f_b	+ V/2	Bueno	No
BPRZ	f_b	0 V ^a	El mejor	No
BPRZ-AMI	$f_b/2^a$	0 V ^a	Bueno	Si

^a Denota el mejor funcionamiento o calidad.

Tabla 2.1 Resumen para codificación de líneas.

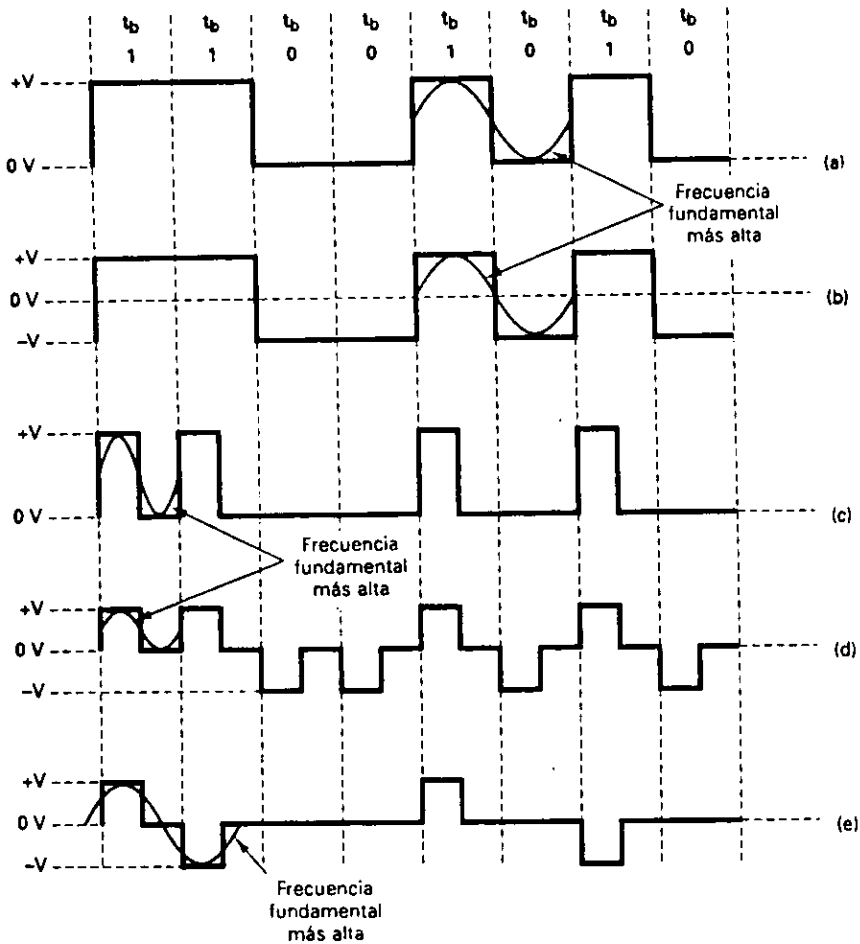


Figura 2.1. Formatos de codificación en línea: a) UPNRZ; b) BPNRZ; c) UPRZ; d) BPRZ; e) BPRZ-AMI.

La frecuencia fundamental más alta para una señal digital es determinada mediante el peor caso de secuencia de bits (transición más rápida), por lo que el peor caso es una secuencia alternada de 1's y 0's, por lo tanto la frecuencia fundamental es igual a la mitad

de la tasa de bits. Para la recuperación del reloj es necesario que haya transiciones ya que si se tiene una cadena larga de bits 1's o 0's, se pierde la sincronía de reloj por lo que la codificación BPRZ es la mas adecuada para la fácil recuperación de reloj. La detección de errores solo es factible para la codificación BPRZ-AMI ya que si se reciben dos o más 1's o 0's consecutivos se determinará fácilmente que ha habido un error.

Existe otro tipo de código de línea llamado código Manchester ó difase BPRZ en el cuál un 1 lógico se representa por una onda cuadrada en fase de 0° , y un 0 lógico es representado con una onda cuadrada en fase de 180° , aunque este tipo de código presenta la desventaja de que no tiene ninguna forma de detección de errores.

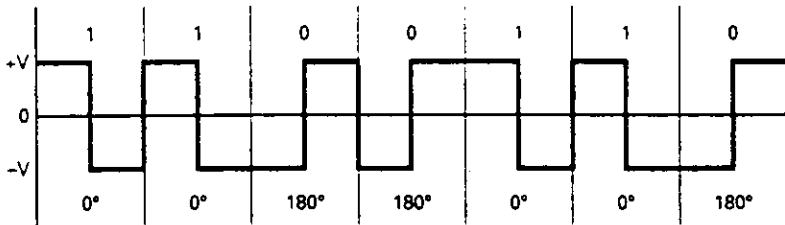


Figura 2.2. Código Manchester.

2.2. MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS (PCM)

La Modulación por Pulsos Codificados (PCM) es un método de conversión de información de forma analógica a digital y viceversa, multiplexando varias señales de canal telefónico en tiempo compartido (TDM) a través de tres etapas principales que son: muestreo, cuantificación y codificación.

Muestreo

El muestreo es el proceso de elegir los puntos de medición en la curva de la señal analógica, por lo tanto el muestreo es el primer paso hacia una representación digital de la señal entrante ya que los instantes de muestreo elegidos nos dan las coordenada de tiempo de los puntos de medición.

Antes de entrar al muestreo las señales deben ser filtradas dentro de un ancho de banda 300 a 3400 Hz que es la frecuencia de la banda de voz estándar.

En el muestreo se toman valores instantáneos de una señal analógica a intervalos de tiempo iguales donde la velocidad de muestreo está dada por el teorema de muestreo Nyquist que dice que al transmitir una señal no es necesario hacerlo con la señal completa sino que pueden transmitirse muestras periódicas de dicha señal, y la frecuencia con que están tomadas dichas muestras (frecuencia de muestreo) debe ser como mínimo del doble de la frecuencia máxima de la señal, así por ejemplo para un canal telefónico con un ancho de banda de 4 KHz, la frecuencia de muestreo debe ser de 8 KHz.

Cuantificación

Cuantificación se refiere al proceso de digitalizar señales analógicas, que consiste en la subdivisión de las amplitudes de las señales en un predeterminado número de niveles discretos de amplitud, es decir, comparar las amplitudes de la señal muestreada con un número determinado de niveles de cuantificación.

Cada muestra ocupa un espacio de tiempo (τ), el espacio que existe entre cada muestra de un mismo canal se llama trama y en ésta se intercalan las muestras de los demás canales del sistema en forma secuencial, es decir son multiplexados en el tiempo. Pero

éstas muestras obtenidas siguen teniendo la amplitud aleatoria de la señal analógica original por lo que deberán ser convertidas a un número discreto.

Al llevar a cabo la cuantificación se genera cierta pérdida de información que es representada por la diferencia existente entre la amplitud de la muestra y la amplitud del nivel de decisión que se le asigna. A este fenómeno se le llama ruido o distorsión de cuantificación el cuál no es lineal sino que es mayor para amplitudes pequeñas de las muestras y despreciable para las amplitudes mayores. Lo anterior origina que la relación señal a ruido de cuantificación no sea equitativa para las diferentes amplitudes de la señal, por lo que se hace necesario emplear una cuantificación no lineal, es decir, se aplican niveles de cuantificación menos amplios a amplitudes pequeñas, incrementado los niveles según aumente la amplitud de la señal. Las señales de mayor amplitud se comprimen en un margen más estrecho de amplitudes dividido en cierto número de niveles de cuantificación; las señales de menor amplitud resultan expandidas por lo que aumenta el número de niveles de cuantificación disponibles y se reduce la distorsión global por cuantificación. A la combinación de compresión y expansión se le conoce como compansión.

En los sistemas de 24 canales que se emplean en Estados Unidos y Japón se utiliza la ley de compansión μ . En los sistemas de 30 canales utilizado en Europa, México y América Latina se utiliza la ley de compansión A, ambas leyes son muy similares con excepción de que la ley A utiliza una relación lineal en el margen de amplitudes pequeñas. En los sistemas reales de multiplexado por división de tiempo (TDM) las leyes de compansión se realizan mediante aproximaciones lineales por segmentos. La ley μ se representa mediante 15 segmentos y la ley A con 13 segmentos.

En la figura 2.3 se muestra la curva de la ley de codificación A, la cual está dividida en 13 segmentos, en la mitad inferior caen las muestras con polaridad negativa y en la superior las positivas. Cada segmento contiene 16 niveles de cuantificación con excepción del 7 que contiene 64 niveles (en realidad cuatro segmentos en uno). Si se suman todos los niveles se obtienen 256 niveles de cuantificación empleados por la ley de compansión.

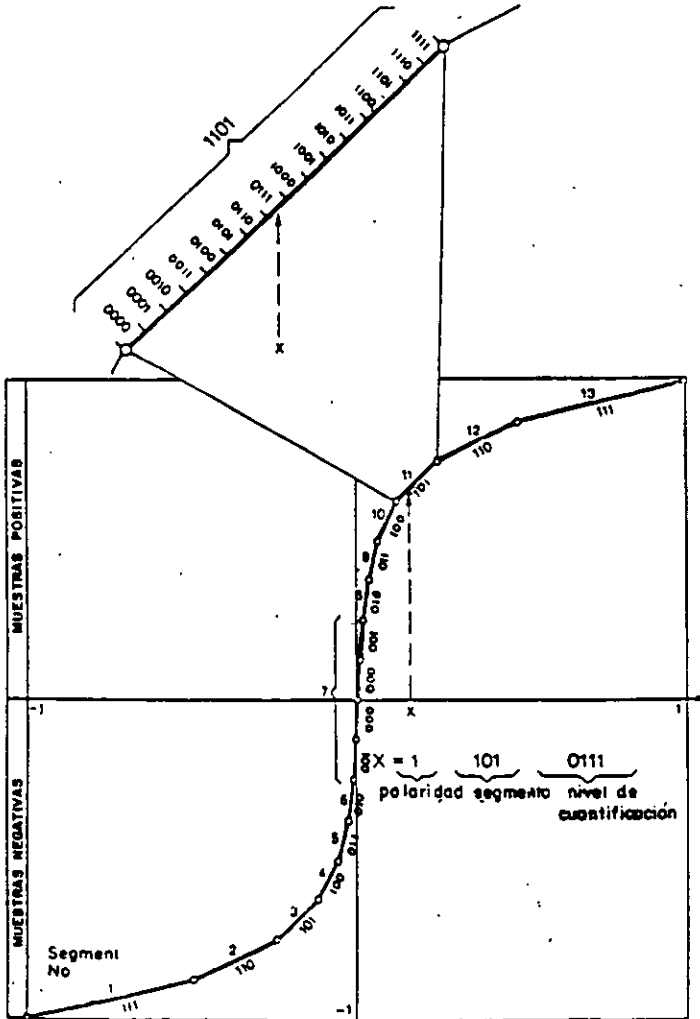


Figura 2.3. Ley de compansion A..

Codificación

En el proceso de la codificación empleando la ley A se representa cada nivel cuantizado mediante un código binario. Como se vio anteriormente una muestra puede tener 1 de 256 valores dependiendo de su amplitud y polaridad, no obstante este número es aún excesivo para su transmisión, por lo que es reducido mediante un código binario. Así a cada uno de los 256 niveles de cuantificación se le asigna un código binario de 8 dígitos, donde el primer dígito de izquierda a derecha indica la polaridad de la muestra:

1 = Polaridad positiva

0 = Polaridad negativa

Una vez definido a que mitad de la curva pertenece la muestra, los siguientes tres dígitos indican en que segmento de esa mitad cae la muestra.

Los últimos cuatro dígitos indican a cual de los 16 niveles de cuantificación del segmento en cuestión se refiere.

2.3. MODULACION DIGITAL

La modulación digital es la variación de portadoras analógicas en forma digital, éste tipo de modulación nos da algunas ventajas sobre la modulación analógica como son: facilidad de procesamiento, facilidad de multicanalización e inmunidad al ruido.

Las tres técnicas que se pueden emplear para la modulación digital son:

1. Modulación por Corrimiento de Amplitud (ASK).
2. Modulación por Corrimiento de Frecuencia (FSK).
3. Modulación por corrimiento de Fase (PSK).

Un paso final de la generación de señales binarias es, que las señales resultantes pueden modular una portadora de RF.

Para propósitos de transmisión, muy comúnmente, las señales de banda base tienen que ser desplazadas a frecuencias muy superiores para que su transmisión sea más eficiente, las señales Banda Base constituyen la señal moduladora, estos tres tipos de modulación pertenecen al grupo de señales de Modulación de *Onda Continua*, porque en ella la portadora es una señal senoidal.

La señal al llegar al receptor deberá de recuperar su forma original, este proceso es llamado *Detección o Demodulación*, el demodulador efectúa el proceso que nos permitirá regenerar la información binaria.

Existen dos tipos de detección, uno es denominado Detección Coherente o Síncrona, el segundo es llamado Detección No Coherente, este tipo de detección es también llamado Detección de Envolvente o Asíncrona.

En la Detección Síncrona requiere una señal de referencia perfectamente marcada que bien puede estar en un tono piloto transmitido, o puede ser la frecuencia de la portadora misma.

La Detección No Coherente no requiere de referencia alguna, este tipo de Demodulación se refiere a demoduladores que están diseñados para operar sin conocer el valor absoluto de la frecuencia y fase de la señal que llega, por lo tanto, la estimación de las dos componentes no son requeridas. De este modo la ventaja del sistema No Coherente

sobre el Coherente es la reducida complejidad del equipo, y el precio que se paga es el incremento de la probabilidad de error durante la recepción de la información digital, y podría ser que en vez de recibir un *uno* recibiremos un *cero*.

2.3.1. MODULACIÓN POR CORRIMIENTO DE AMPLITUD (ASK)

En este tipo de modulación la amplitud de la portadora se conmuta entre 2 valores, para mensajes digitales se representaría por la presencia o ausencia de la portadora, de esta forma surge la modulación conocida como On - Off Keying (OOK) que fue la primera en utilizarse para la transmisión binaria.

La onda modulante consiste en pulsos de RF o marcas, que representan al binario 1 y espacios, que representan al binario 0 . La señal OOK puede ser detectada de cualquiera de las dos formas, Coherente o no Coherente pero debido a la complejidad de la primera, no es muy usada en los canales digitales.

La ecuación que representa a la señal OOK se muestra en la ecuación 2.1 donde la señal modulante $m(t)$ esta representada por los valores *uno* y *cero*, esto es que para un valor de la señal modulante *cero* la ecuación se reduce a *cero*, puesto que la amplitud de la portadora también es igual a *cero*.

$$\varphi_{OOK} = \frac{A}{2} (1 + m(t)) \quad 2.1$$

De donde se deduce que para un valor de uno en la señal moduladora, será el valor de la señal OOK y para un *cero* no existirá valor alguno de la portadora.

Este tipo de modulación no es empleado en sistemas de comunicación, y por esta razón no es tratado a detalle.

2.3.2 MODULACIÓN POR CORRIMIENTO DE FRECUENCIA (FSK)

Esta modulación corresponde a la versión digital de la Modulación en Frecuencia, esta caracterizada por el uso de dos frecuencias separadas por una diferencia de frecuencias llamada *desviación en frecuencia* (Δf) que, comparada con el valor de la frecuencia portadora, esta resulta tener un valor muy por abajo de esta.

El sistema FSK fue originalmente basado en el concepto de una señal telegráfica usando la transmisión en Modulación en Frecuencia, ahora en el sistema binario se utilizan dos señales cuyas frecuencias son distintas, estas dos señales ω_1 y ω_2 son designadas para un *uno* y la otra para un *cero*, recordando que la amplitud es constante para este tipo de modulación.

La expresión general para una señal binaria FSK esta mostrada en la ecuación 2.2, en ella puede verse que con FSK binario la amplitud de la portadora V_c permanece constante con la modulación. De cualquier forma la frecuencia de la portadora varia en función de los *unos* y los *ceros* de la señal moduladora.

$$v(t) = V_c \cos\left(\omega_c + \frac{v_m(t)\Delta\omega}{2}\right)t \quad 2.2$$

donde:

$v(t)$.- Forma de onda FSK

V_c .- Amplitud máxima de portadora sin modular

ω_c .- Frecuencia de la portadora

$v_m(t)$.- Señal moduladora binaria

$\Delta\omega$.- Corrimiento de frecuencia

Estos cambios son del valor de $\pm\Delta\omega/2$. El corrimiento o desplazamiento de frecuencia $\Delta\omega/2$ es proporcional a la amplitud y polaridad de la señal binaria. Por ejemplo, un uno binario podría ser +1 volt y un cero binario -1 volt respectivamente (Señal Polar No Regreso a Cero NRZ) produciendo un corrimiento o cambio de frecuencia de $+\Delta\omega/2$ y $-\Delta\omega/2$ respectivamente. En suma, la velocidad a la cual la portadora cambia su frecuencia es igual a la velocidad de cambio de la señal de entrada binaria $V_m(t)$. De esta forma la frecuencia de salida de portadora se desvía entre $\omega_c + \frac{\Delta\omega}{2}$ y $\omega_c - \frac{\Delta\omega}{2}$ a una velocidad igual a la fm . La forma de onda característica de la señal FSK se muestra en la figura 2.4.

El más simple sistema FSK es uno con una señal moduladora rectangular la cual tendrá una señal con dos simples ecuaciones como se muestra en la ecuación 2.3, donde A es el valor de la señal portadora, ω_m es la frecuencia de la señal para una marca y ω_s es para un espacio. Una representación alternativa de la onda FSK consiste en hacer $\omega_m = \omega_p + \Delta\omega$ y $\omega_s = \omega_p - \Delta\omega$.

$$\varphi_{FSK} = \begin{cases} A \cos \omega_m t \\ A \cos \omega_s t \end{cases} \quad 2.3$$

Esto es que la señal portadora se verá disminuida en $-\Delta\omega$ y aumentada su frecuencia en $+\Delta\omega$, de aquí entonces se tiene la ecuación 2.4.

$$\varphi_{FSK} = A \cos(\omega_p \pm \Delta\omega)t \quad 2.4$$

El espectro en frecuencias de la señal FSK se puede observar en la figura 2.2 , en el se tiene que el espectro resultante de la señal es igual a la suma de los dos espectros de las ondas ω_1 y ω_2 . Como se observa, el ancho de banda depende de Δf . Si $\Delta f \gg B$ el ancho de Banda tiende a $2\Delta f$. De esta forma se tendrá una gran separación entre tonos del sistema FSK.

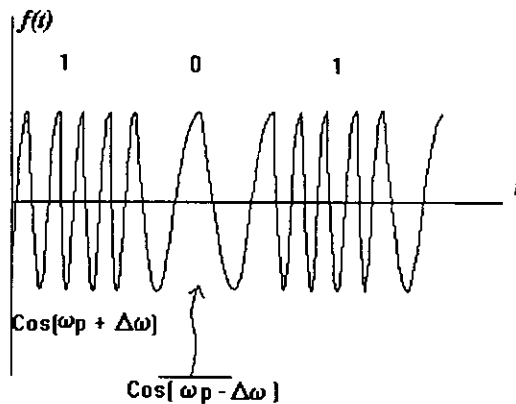


Figura 2.4. Forma de Onda FSK.

En este caso el ancho de banda es virtualmente independiente al ancho de banda de la señal banda base (B). Por otro lado, si $\Delta f \ll B$ el ancho de banda tiende a $2B$, estando en este caso, el ancho de banda depende del ancho de banda de la señal banda base.

Con FSK binario la frecuencia central de la portadora es desviada por los datos binarios de entrada. Consecuentemente, la salida de un modulador binario FSK es una función escalar en el dominio del tiempo. Como la señal de entrada binaria cambia de un *Cero* lógico a un *Uno* lógico, y viceversa, la salida FSK conmuta entre dos frecuencias, una marca y un espacio.

Existe entonces un cambio en la salida de la frecuencia cada vez que la condición lógica de la señal de entrada binaria cambia. Por lo tanto, la velocidad de cambio a la salida es igual a la velocidad de cambio de la entrada.

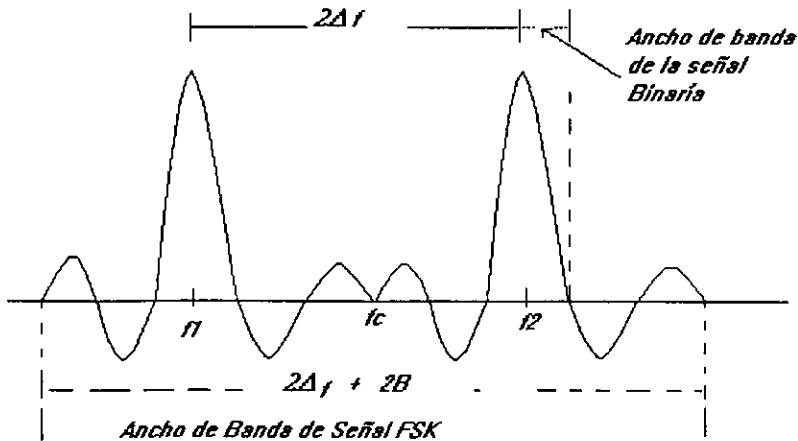


Figura 2.5. Espectro en Frecuencias de la señal FSK.

En modulación FSK, la velocidad de cambio a la entrada del modulador es llamada *bit rate* y sus unidades son el bit por segundo (bps). La velocidad de cambio a la salida del modulador es llamada Baud o *Baud rate* y es igual al recíproco de el tiempo de señalización de un elemento de salida. En esencia, el baud es la velocidad de los símbolos por segundo.

2.3.3. RECEPCIÓN FSK

El circuito más común empleado para la recepción o demodulación de señales FSK (véase figura 2.6) es un circuito denominado de Fase Cerrada (Phase Locked Loop) PLL, este demodulador trabaja en forma parecida a un demodulador de Fase cerrada para FM. Como la salida del PLL se mueve entre la marca y el espacio de frecuencia, el error de voltaje de directa a la salida del comparador de fase sigue a el movimiento de frecuencia, porque hay solamente dos entradas de frecuencia (marca y espacio), hay también solamente dos salidas de error de voltaje. uno representa a un *uno* lógico y el otro a un *cero* lógico.

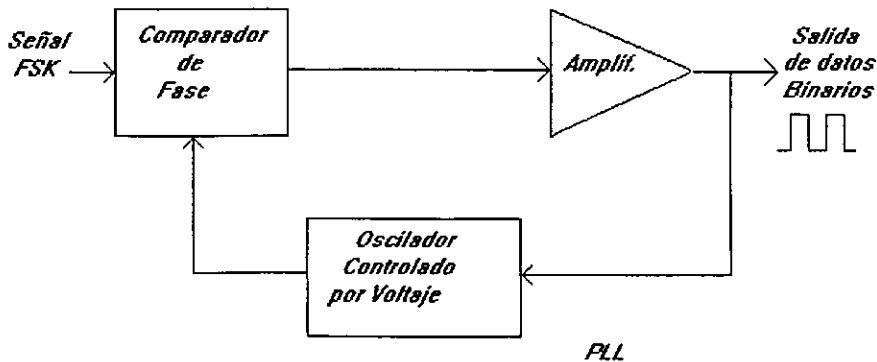


Figura 2.6. Demodulador FSK empleando un PLL.

Por lo tanto, la salida son dos niveles binarios .Generalmente, la frecuencia natural de el PLL se hace igual a la frecuencia central del modulador FSK.

2.3.4. MODULACIÓN POR CORRIMIENTO DE FASE (PSK)

Otra de las formas de Modulación Digital es la Modulación por Corrimiento de Fase, este tipo de modulación conmuta la fase de la portadora en función de la secuencia binaria $b(t)$. Existen cuatro formas o variantes dentro de la modulación PSK, estas cuatro formas son:

1. Modulación por dos fases PSK, también llamado BPSK (Binary Phase Shift Keying).
2. Modulación por cuatro fases PSK, QPSK (Quaternary Phase Shift Keying).
3. Modulación por 8 fases PSK, 8 - PSK.
4. Modulación por 16 fases PSK, 16 - PSK.

De las 4 formas anteriores, para los sistemas de comunicación vía satélite solamente son empleados los primeros dos esquemas de modulación, los otros restantes son empleados en sistemas terrestres de enlace de datos.

2.3.5 MODULACIÓN BPSK

En la modulación BPSK es la fase de la portadora la que se conmuta entre 0 y π radianes, o se puede considerar que lo que varia es en este caso la polaridad de la portadora de acuerdo con la información binaria que se desee modular.

Cuando se conmuta la fase de la portadora entre 0 y π radianes en el sistema PSK, este es conocido como señales PSK M-arias, para el caso M es dos ($M = 2$) serian dos fases, Bifase o binaria, entonces resulta el sistema binario PSK o BPSK, y la señal modulada tiene 2 estados $m_1(t)$ y $m_2(t)$ los cuales están dados por la ecuación 2.5.

$$\begin{aligned} m_1(t) &= A \cos \omega_p t \\ m_2(t) &= -A \cos \omega_p t \end{aligned} \quad 2.5$$

Estas señales pueden ser generadas por un sistema mostrado en la figura 2.7.

De esta figura $b(t)$ representa a la señal binaria con niveles +1 y -1 los cuales al ser modulados implicaran un cambio de fase de la portadora de 0° y 180° , estos cambios de fase están representados en la figura 2.8.

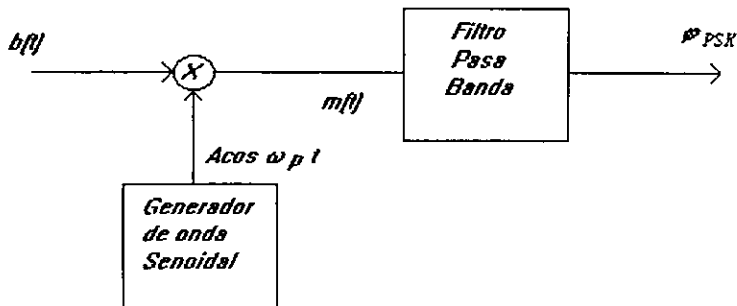


Figura 2.7. Modulador de Señales BPSK.

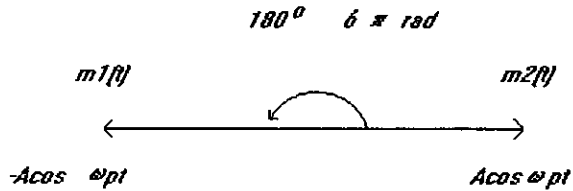


Figura 2.8. Defasamiento de la portadora de una señal BPSK.

Así entonces la información es contenida en los cambios de fase de la portadora., de esta manera la ecuación general de una señal BPSK puede expresarse en términos de defasamiento de la misma, como se expresa en la ecuación 2.6.

$$m(t) = A \cos(\omega_p t + \varphi(t)) \quad 2.6$$

En donde $\varphi(t)$ es 0° ó 180° , La forma de onda característica se muestra en la figura 2.9.

En la figura los cambios de la fase de la portadora son: de 180° a 0° para la transición de 1 a 0 binario y de 0° a 180° para la transición de 0 al binario.

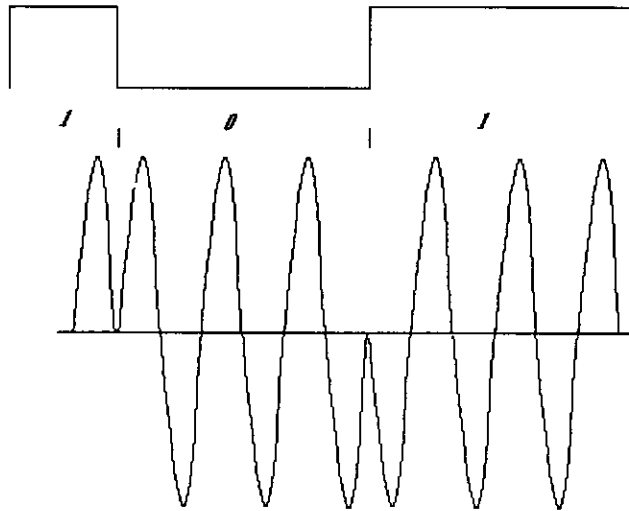


Figura 2.9. Forma de Onda de un modulador BPSK.

2.3.6. DETECCIÓN DE SEÑALES BPSK

Note que en la figura 2.8 la portadora cambia en función de un múltiplo entero de el periodo de duración del bit de la señal moduladora, esto hace que la detección sea más fácil pues considerando un sistema de recuperación de portadora (CR) empleando detección sincrona, se podrá insertar la señal senoidal de frecuencia y fase exacta a la portadora transmitida.

En la figura 2.10 se muestra un diagrama a bloques de un receptor BPSK. La señal de entrada puede ser la ya antes mencionada (véase la ecuación 2.13), el circuito de

recuperación de portadora coherente detecta y regenera la señal portadora, esta es igual en fase y en frecuencia a la portadora original. El modulador balanceado es un detector de productos, la salida es el producto de dos señales de entrada (la señal BPSK y la portadora recuperada). El filtro paso bajas separa los datos binarios recuperados de la señal demodulada compuesta .

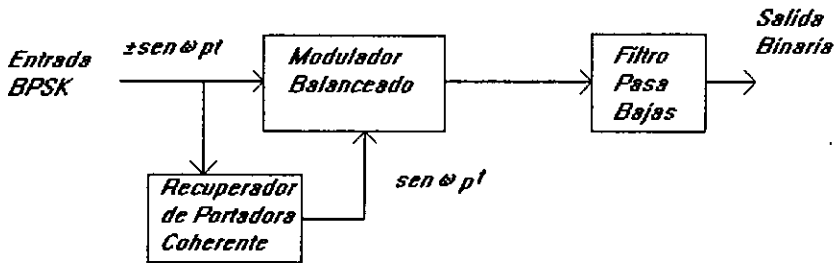


Figura 2.10. Demodulador de señales BPSK.

El proceso matemático de demodulación es como sigue.

Para un uno lógico (señal $\text{sen } \omega_c t$) la salida del demodulador balanceado es:

$$\text{Salida} = (\text{sen } \omega_p t)(\text{sen } \omega_p t) = \text{Sen}^2 \omega_p t$$

$$\text{Sen}^2 \omega_p t = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}(\cos 2\omega_p t)$$

Y como el filtro pasa bajas remueve las componentes de alta frecuencia, el resultado a la salida del demodulador es $\frac{1}{2}V$ que es un *uno* lógico. Para la señal $-\text{sen } \omega_c t$ (cero lógico), y haciendo un análisis de semejante al anterior, resulta $-\frac{1}{2}V$ a la salida del demodulador, lo cual implica un *cero* lógico a la salida.

En algunos casos se recupera la señal $\sin \omega_p t$, en otros casos existe un error de la fase de la portadora y se recupera $\sin (\omega_p t + 180^\circ)$, de esta forma existe un firme error de 180° en la fase de la portadora recuperada, este error invierte la corriente de los datos demodulados y causa un error del 100 %, afortunadamente, la inserción de un simple codificador diferencial dentro del receptor evita errores que pueden ser introducidos por esta ambigüedad de fase.

El sistema que puede evitar esos errores es denominado PSK diferencial (DBPSK), el cual es una modificación al sistema BPSK original, este es el encargado de proveer la sincronía con la portadora en el receptor para demodular la señal, ó de otra manera, evita los problemas de sincronía en el receptor.

El sincronismo de fase es muy difícil de obtener, particularmente si la transmisión se realiza a grandes distancias. esto significa que un reloj del receptor que proporcione el sincronismo deberá encadenarse o amarrarse al reloj del transmisor dentro de una fracción de un ciclo de la portadora, sin importar lo que ello cueste.

Existen varios métodos para obtener la sincronía requerida de la información, de los cuales los más importantes se pueden mencionar:

- 1.- Puede transmitirse una portadora piloto superpuesta a la hilera binaria de señales de alta frecuencia, la cual puede extraerse en el receptor y utilizarse para sincronizar el oscilador local del receptor.
- 2.-El lazo de amarre de fase, encadenado a la hilera de datos o a un tono piloto, puede ser utilizado en el receptor para mantener en cero la diferencia de fase.

2.3.7. MODULACIÓN QPSK

Ahora para reducir el ancho de banda ocupado por estas señales, se ocupan señales multinivel, que consiste en la combinación de pulsos binarios para formar un pulso de mayor amplitud, lo que en consecuencia requerirá un menor ancho de banda.

Entonces los sistemas QPSK son usados en aplicaciones donde los sistemas BPSK son insuficientes para el ancho de banda disponible. La mayoría de las técnicas de modulación y demodulación empleadas en los sistemas BPSK también se aplican en QPSK.

QPSK es otra forma de modulación digital, de amplitud constante. QPSK es una técnica de codificación M - aria, donde $M = 4$ (de aquí el nombre de cuaternaria). Con QPSK son posibles cuatro fases de salida para una sola frecuencia portadora, ya que tenemos cuatro diferentes fases de salida, entonces deberán existir cuatro diferentes condiciones a la entrada, pero la señal binaria solo contiene dos, es decir que antes del proceso de modulación deberá existir un proceso de adecuación de la señal binaria.

Con dos bits tenemos cuatro posibles combinaciones:

- 1.- 00
- 2.- 01
- 3.- 10
- 4.- 11

Por lo tanto con QPSK la entrada de datos binarios son condiciones en grupos de dos bits llamados *dibits*. Cada bit codificado genera una de cuatro posibles fases de salida; por lo tanto, para cada 2 bits registrados en el modulador, un cambio único de salida, por esta situación la velocidad de salida del modulador es la mitad de la velocidad de entrada, los estados correspondientes de fase son mantenidos durante la señalización durante el

intervalo T_s (Periodo de la señal binaria de banda base), Las cuatro señalizaciones son descritas en las ecuaciones 2.7, 2.8, 2.9, y 2.10.

$$1. \varphi_{11} = A \cos(\omega_p t + 45^\circ) \quad 2.7$$

$$2. \varphi_{01} = A \cos(\omega_p t + 135^\circ) \quad 2.8$$

$$3. \varphi_{00} = A \cos(\omega_p t + 225^\circ) \quad 2.9$$

$$4. \varphi_{10} = A \cos(\omega_p t + 315^\circ) \quad 2.10$$

En estas ecuaciones los subíndices representan el estado correspondiente y la fase de la portadora respectiva. Existe un defasamiento entre ellas de los mismos 90° , esto da como resultado cuatro nuevas ecuaciones, las cuales se agrupan en la ecuación 2.11.

Un diagrama a bloques de un modulador de señales QPSK es mostrado en la figura 2.11.

$$\begin{aligned} \varphi_{11} &= A \cos(\omega_p t + 0^\circ) \\ \varphi_{01} &= A \cos(\omega_p t + 90^\circ) \\ \varphi_{00} &= A \cos(\omega_p t + 180^\circ) \\ \varphi_{10} &= A \cos(\omega_p t + 270^\circ) \end{aligned} \quad 2.11$$

La corriente de datos es convertida en dos corrientes a través de un convertidor Serie/Paralelo.

Una corriente esta en fase, $I(t)$, y la otra esta en cuadratura, $Q(t)$, con un periodo binario igual a la mitad que el periodo de entrada al sistema. La relación entre la entrada de datos y las corrientes $I(t)$ y $Q(t)$ se muestran en la figura 2.12.

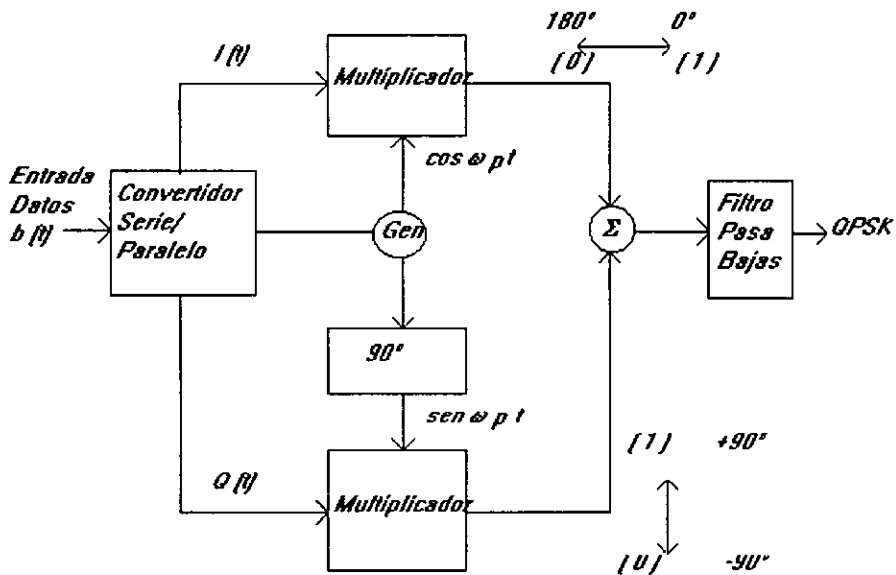


Figura 2.11. Modulador de Señales QPSK

Ambas $I(t)$ y $Q(t)$ se aplican separadamente a los multiplicadores (Mezcladores Balanceados), la primera entrada a el multiplicador $I(t)$ es la señal portadora $\cos \omega_p t$, y la segunda entrada a el multiplicador $Q(t)$, que es la señal portadora misma pero corrida en fase 90° ($\sin \omega_p t$), a la salida de los multiplicadores se obtienen dos señales BPSK.

De la figura 2.12 el multiplicador $I(t)$ a su salida tiene una fase de 0° ó 180° relativos a la portadora, y el $Q(t)$ tiene una fase de 90° ó 270° . La salida de ambos multiplicadores son entonces sumados para dar una sola señal de cuatro fases. De este modo la señal QPSK puede ser considerado como dos sistemas BPSK operando en cuadratura. En esta figura también se observa que el periodo de un símbolo es la mitad del periodo de la señal original binaria $b(t)$, esto significa que la nueva señal QPSK ocupa un ancho de banda correspondiente a la mitad de la señal Banda Base.

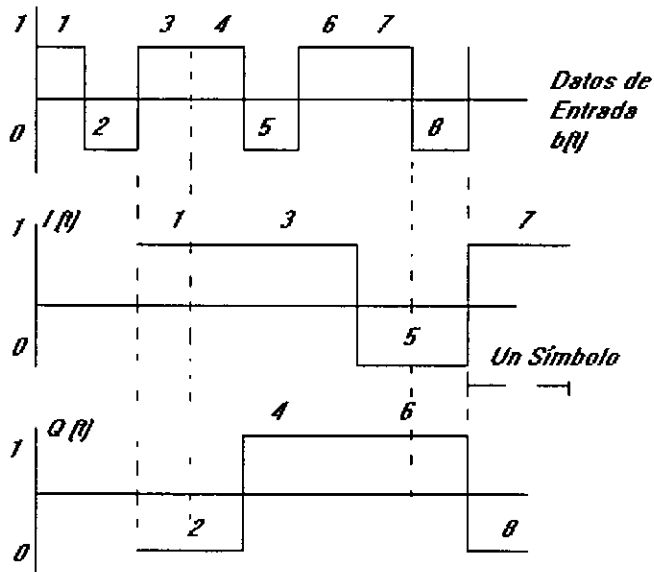


Figura 2.12. Conversión de la señal de entrada $b(t)$ en dos corrientes, $I(t)$ y $Q(t)$.

CAPITULO 3

MULTICANALIZACION

3.1 DEFINICION

Multicanalización se refiere a la transmisión de información voz ó datos de varias fuentes a diversos destinos utilizando un mismo medio de transmisión el cual puede ser un par de cable metálico, un cable coaxial, un sistema de radio de microondas terrestre, un radio de microondas por satélite ó un cable de fibra óptica. Los métodos de multicanalización más comunes son la multicanalización por división de frecuencia (FDM) y multicanalización por división de tiempo (TDM).

3.2 MULTICANALIZACION POR DIVISION DE TIEMPO (TDM)

En el TDM la transmisión de diferentes fuentes se da sobre el mismo medio pero no al mismo tiempo, con este tipo de multicanalización se emplea comúnmente la modulación por pulso codificados (PCM).

Tomando como referencia un sistema PCM-TDM de dos canales se tiene que cada canal se utiliza a un tiempo, es decir que mientras el canal 1 se está transmitiendo una vez que ha sido convertido a un código PCM, el canal 2 se está utilizando y convirtiendo a un código PCM. Cuando el código del canal 2 se está transmitiendo, se toma la siguiente señal del canal 1 para ser convertida a un código PCM y así sucesivamente tomando señales de cada canal. El tiempo de transmisión de señal en cada canal se llama tiempo de trama. A cada código PCM obtenido por cada canal se le asigna un tiempo fijo dentro de una trama total de TDM.

Sistema de portadora digital T1

Una portadora digital utiliza pulsos digitales para codificar información. El sistema T1 es el estándar telefónico en Estados Unidos. La portadora T1 multicanaliza por división de tiempo 24 muestras codificadas en PCM para ser transmitidas por un solo par de cables ó fibra óptica.

En un sistema de portadora T1 se muestrean y codifican 24 canales de banda de voz a una velocidad de 8000 veces por segundo, tomando en cuenta que cada muestra está formada por 8 bits tenemos que la velocidad de cada señal es de 64 Kbps.

Con el fin de mantener la sincronización de la trama y la señal entre transmisor y receptor TDM se agrega un bit adicional llamado bit de trama, el cuál se recupera en el circuito receptor, por lo que tenemos una trama TDM de 193 bits:

$$\frac{8 \text{ bits}}{\text{canal}} \times \frac{24 \text{ canales}}{\text{trama}} = \frac{192 \text{ bits}}{\text{trama}} + \frac{1 \text{ bit de trama}}{\text{trama}} = \frac{193 \text{ bits}}{\text{trama}}$$

por lo que la velocidad de la línea para la portadora T1 es:

$$\text{velocidad de línea} = \frac{193 \text{ bits}}{\text{trama}} \times \frac{8000 \text{ tramas}}{\text{segundo}} = 1.544 \text{ Mbps}$$

Los 24 canales de banda de voz muestreados codificados y multicanalizados se agrupan en bancos de datos tipo D. Los bancos de datos para las portadoras T1 han sido mejorados con los bancos de canales D2, D3, D4, D5 y D6.

Debido a que la razón de señalización es demasiado excesiva para la transmisión de voz en los bancos de canales D1 (8 kbps), en los bancos de canales D2 y D3 se toma un bit de señalización de cada sexta trama, tomándose el bit menos significativo (LSB), de tal manera que la razón de señalización en cada canal es de 1.33 kbps (800 bps/6).

En la figura 3.3 se muestra el formato de supertrama para los bancos de datos D2 y D3, donde cada supertrama contiene 12 tramas numeradas para identificar cada sexta trama y así extraer la información de señalización que está contenida en las tramas 6 y 12, el bit más significativo (MSB) en la trama 6 y el bit menos significativo (LSB) en la trama 12, se observa entonces que la señalización se lleva a cabo mediante una palabra binaria de dos dígitos. Para identificar el número de trama se toma un patrón repetitivo para el primer bit de las 12 tramas como se muestra en la figura 3.3, donde las tramas pares identifican las tramas de señalización de canales A y B (6 y 12) y las tramas impares se emplean para la sincronización de tramas y muestras. Cuando existe una señal de alarma remota, el bit 2 de cada canal de cada trama cambia a 0 y permanece así hasta que se quita la condición de alarma.

Para los bancos de canal D4 se tiene una multicanalización por división de tiempo de 48 canales de voz operando a una velocidad de transmisión de 3.152 Mbps. Con los bancos de canales de datos D4 se utiliza un patrón de sincronización de tramas de 10 bits en lugar de transmitir un solo bit de trama con cada trama. El número total de bits en una trama TDM D4 (DS-1C) es:

$$\frac{8 \text{ bits}}{\text{canal}} \times \frac{48 \text{ canales}}{\text{trama}} = \frac{384 \text{ bits}}{\text{trama}} + \frac{10 \text{ bits sincronización}}{\text{trama}} = \frac{394 \text{ bits}}{\text{trama}}$$

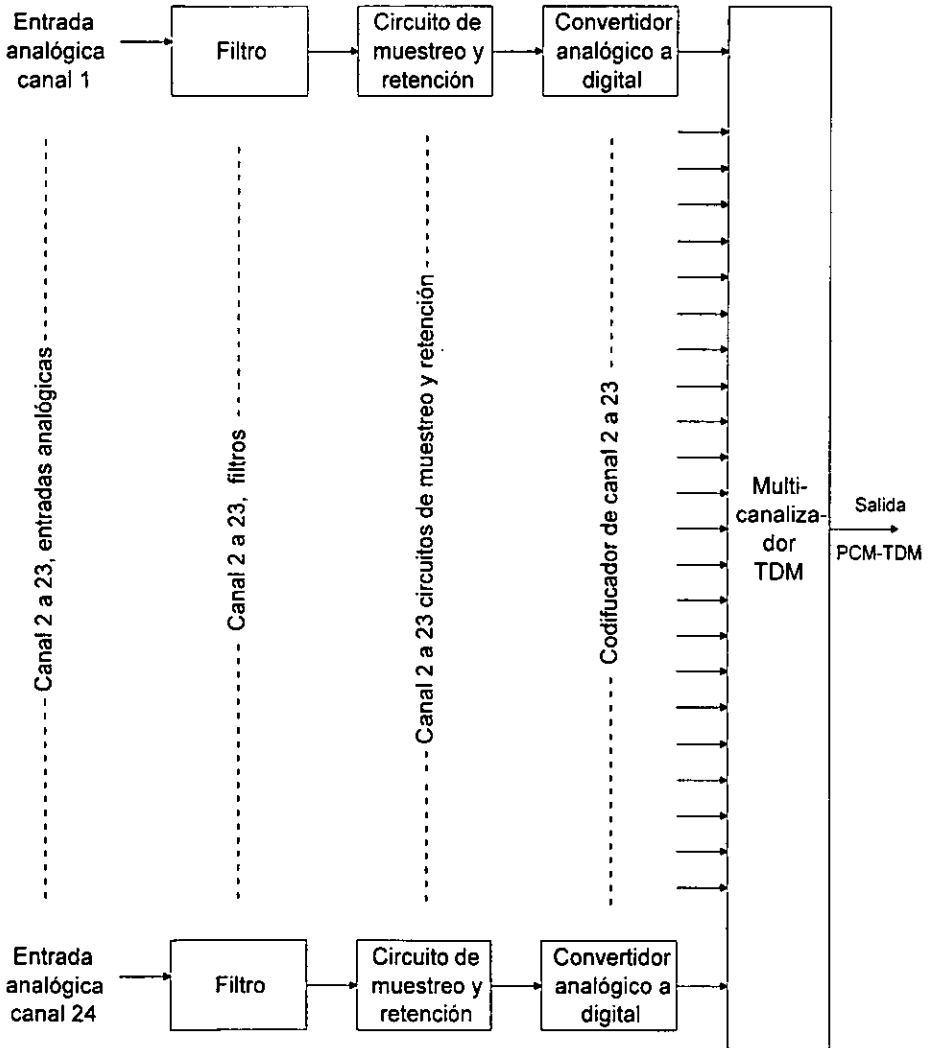


Figura 3.1. Diagrama a bloques de un sistema digital de portadora T1 de PCM-TDM.

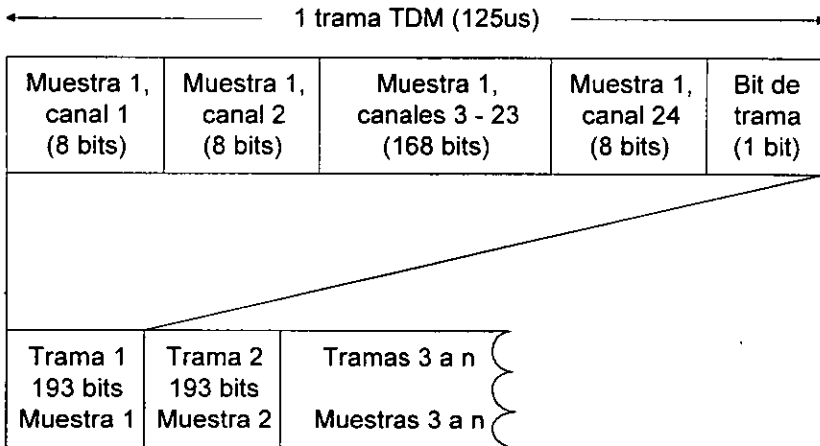
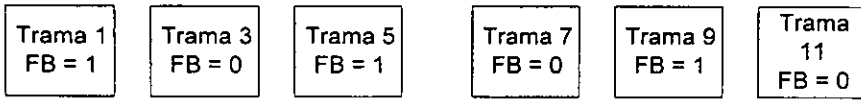


Figura 3.2. Alineación de trama y muestreo del sistema de portadora T1 utilizando bancos de canales D1.

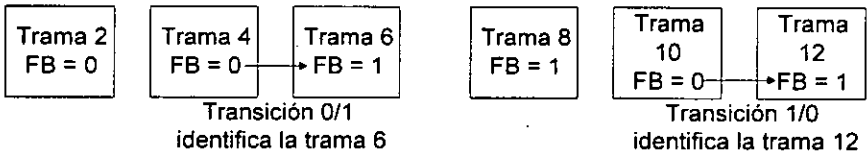
la velocidad de línea es:

$$\text{velocidad de línea} = \frac{394 \text{ bits}}{\text{trama}} = \frac{8000 \text{ tramas}}{\text{segundo}} = 3.15 \text{ Mbps}$$

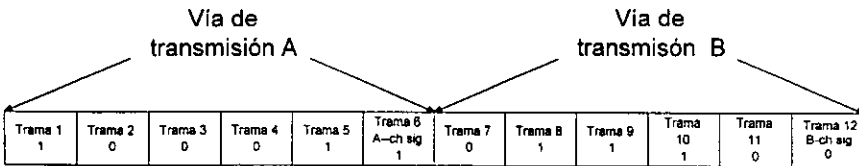
El sistema europeo de CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía) PCM-TDM utiliza tramas de 125µs divididas en 32 ranuras de tiempo, donde la ranura 0 se utiliza para alineación de trama y para un canal de alarma., y la ranura 16 para un canal de señalización común donde se lleva a cabo la señalización para todos los canales de banda de voz. por lo que 30 canales son utilizados para voz y 2 para señalización.



a)



b)



c)

Figura 3.3. Formato de supertrama T1, utilizando los bancos de canales D2 y D3: a) bits para la sincronización de tramas (tramas con números impares); b) bits de alineación de tramas para la transmisión de señales (tramas con números pares); c) alineación de tramas compuestas.

Ranura de tiempo 0	Ranura de tiempo 1	Ranura de tiempo 2 - 16	Ranura de tiempo 17	Ranuras de tiempo 18 - 30	Ranura de tiempo 31
Canal de tramas y alarma	Canal de voz 1	Canales de voz 2 - 15	Canal de señalización común	Canales de voz 16 - 29	Canal de voz 30
8 bits	8 bits	112 bits	8 bits	112 bits	8 bits

a)

Trama	1234	5678	Bits
0	0000	xyxx	
1	canal 1	canal 16	x = sobrante
2	canal 2	canal 17	y = pérdida de la alineación de multitramas si es 1
3	canal 3	canal 18	
4	canal 4	canal 19	
5	canal 5	canal 20	4 bits por canal se transmiten una vez cada 16 tramas, resultando en una velocidad de señalización de 500 bps para cada canal.
6	canal 6	canal 21	
7	canal 7	canal 22	
8	canal 8	canal 23	
9	canal 9	canal 24	
10	canal 10	canal 25	16 tramas son igual a una multitrama; 500 multitramas se transmiten cada segundo.
11	canal 11	canal 26	
12	canal 12	canal 27	
13	canal 13	canal 28	
14	canal 14	canal 29	
15	canal 15	canal 30	

Figura 3.4. a) Alineación de tramas TDM de CCITT; b) alineación común de canales para la trama de señalización.

El número total de bits por trama es:

$$\frac{8 \text{ bits}}{\text{ranura de tiempo}} \times \frac{32 \text{ ranuras de tiempo}}{\text{trama}} = \frac{256 \text{ bits}}{\text{trama}}$$

donde la velocidad de línea es:

$$\text{velocidad de línea} = \frac{256 \text{ bits}}{\text{trama}} \times \frac{8000 \text{ tramas}}{\text{segundo}} = 2.048 \text{ Mbps}$$

En la figura 3.5 se muestra la jerarquía digital estadounidense donde para pasar de un nivel de jerarquía más alto a otro se utilizan dispositivos llamados muldems (multiplexor/demultiplexor), estos muldems manejan las conversiones de razones de bit en ambas direcciones. A los muldems se les identifica de acuerdo a las señales de entrada y salida, así un muldem M12 es la interfaz entre señales digitales DS-1 y DS-2, un muldem M23 es la interfaz entre las señales digitales DS-2 y DS-3.

Las líneas T1 son líneas acondicionadas especialmente para señales DS-1 que están ya sea multicanalizadas o codificadas en líneas. De igual manera las señales DS-2, DS-3, DS-4 y DS-5 pueden ser colocadas en líneas T2, T3, T4 y T5 respectivamente.

Las conexiones centrales digitales (DSX) son centrales donde se realiza un mantenimiento de rutina y se da solución a problemas. Cada tipo de señal digital cuenta con un interruptor digital propio (DSX-1 es para una señal digital DS-1, un DSX-2 es para un DS-2, etc.) y la salida de éste puede actualizarse al siguiente nivel superior ó codificar líneas y colocarlas en las líneas T que les corresponda.

Si una señal cuyo ancho de banda ocupa la capacidad total de una línea de transmisión digital se le asigna una terminal de un solo canal, los teléfonos de imágenes, grupo maestro y terminales de televisión comercial ocupan un solo canal.

Tipo de línea	Señal digital	Tasa de bits (Mbps)	de Capacidad de canales	Servicios que ofrece
T1	DS-1	1.544	24	Teléfono de banda de voz
T1C	DS-1C	3.152	48	Teléfono de banda de voz
T2	DS-2	6.312	96	Teléfono de banda de voz y teléfono de imágenes
T3	DS-3	46.304	672	Teléfono de banda de voz, teléfono de imágenes y televisión de radiodifusión de calidad
T4M	DS-4	274.176	4032	Igual que T3, pero con más capacidad
T5	DS-5	560.160	8064	Igual que T4, pero con más capacidad

Tabla 3.1 Resumen de la jerarquía digital estadounidense.

3.3 MULTICANALIZACION POR DIVISION DE FRECUENCIA (FDM)

En la multicanalización por división de frecuencia se tienen varias frecuencias base que son convertidas a bandas de frecuencias distintas para ser transmitidas a un mismo tiempo por un solo medio de transmisión.

Como se muestra en la figura 3.6, el bloque básico de la jerarquía FDM de ATT estadounidense está formado por el canal de mensaje básico para frecuencias de banda de voz de 0 a 4 khz. Después tenemos el grupo básico formado por 12 canales de banda de voz, éste es el primer paso hacia la multicanalización para los canales de mensaje. Al conjunto de los 12 canales se le denomina un banco de canales de tipo A (analógico). Posteriormente tenemos un supergrupo que está formado por 5 grupos y éste puede llevar hasta 60 canales de banda de voz o manejar datos de alta velocidad hasta 250 kbps. La multicanalización de un supergrupo se lleva a cabo en un banco de grupos. Posteriormente tenemos el grupo maestro básico formado por 10 supergrupos que abarca 600 canales de banda de voz, los supergrupos son combinados en bancos de supergrupos que a la vez forman grupos maestros, de los cuales tenemos dos categorías que son U600 y L600 que

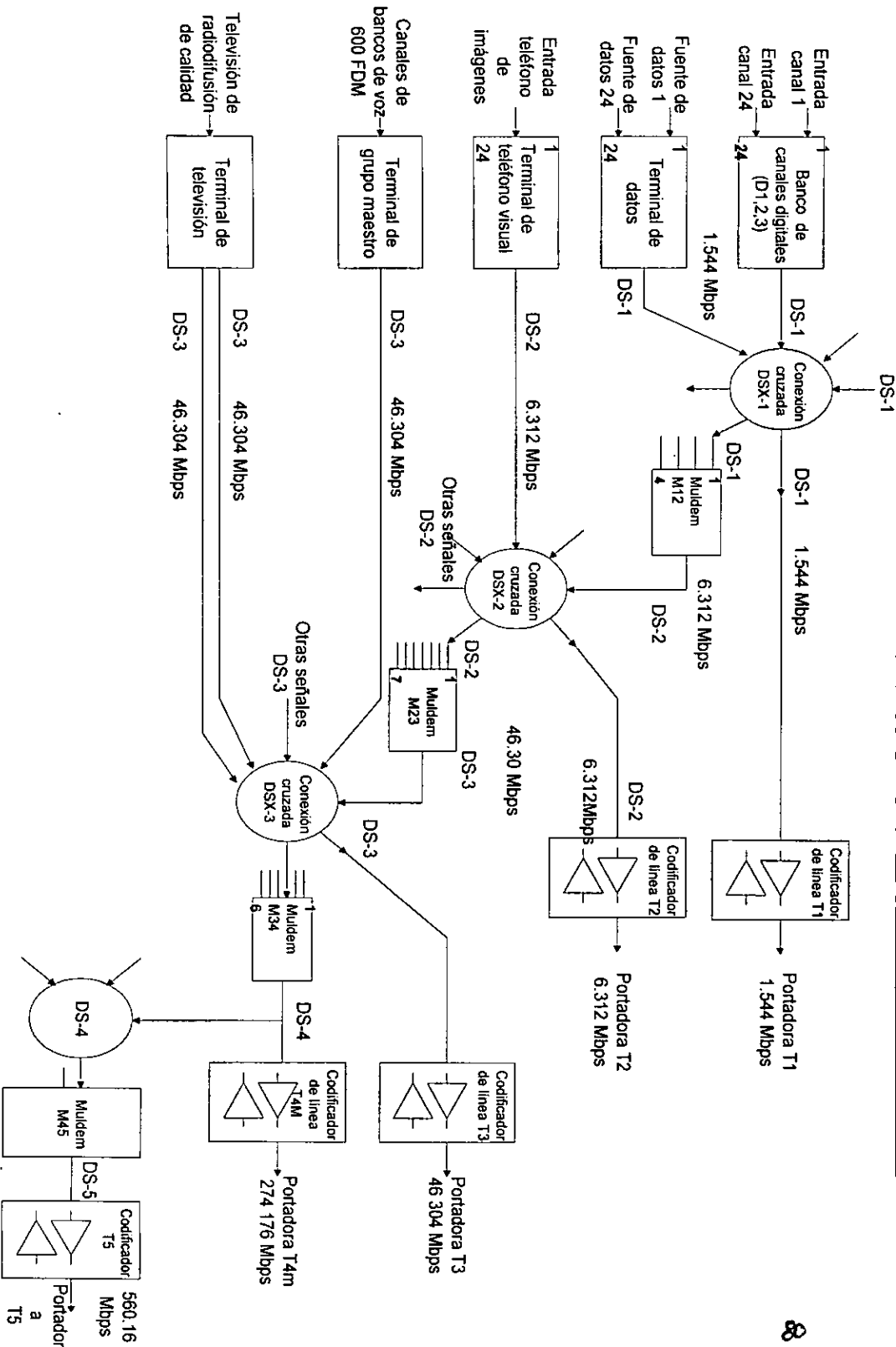


Figura 3.5. Jerarquía digital estadounidense.

ocupan diferentes bandas de frecuencia, la categoría de grupo maestro dependerá de la capacidad del sistema y del medio de transmisión. Finalmente se tienen los bancos de grupos maestros donde los grupos maestros son multicanalizados para formar grupos jumbo, multigrupos jumbo y supergrupos jumbo. Un canal de radio de microondas FDM/FM lleva tres grupos maestros (1800 canales de banda de voz), un grupo jumbo (3600 canales de banda de voz) y un supergrupo jumbo que contiene tres grupos jumbo (10800 canales de banda dedevoz).

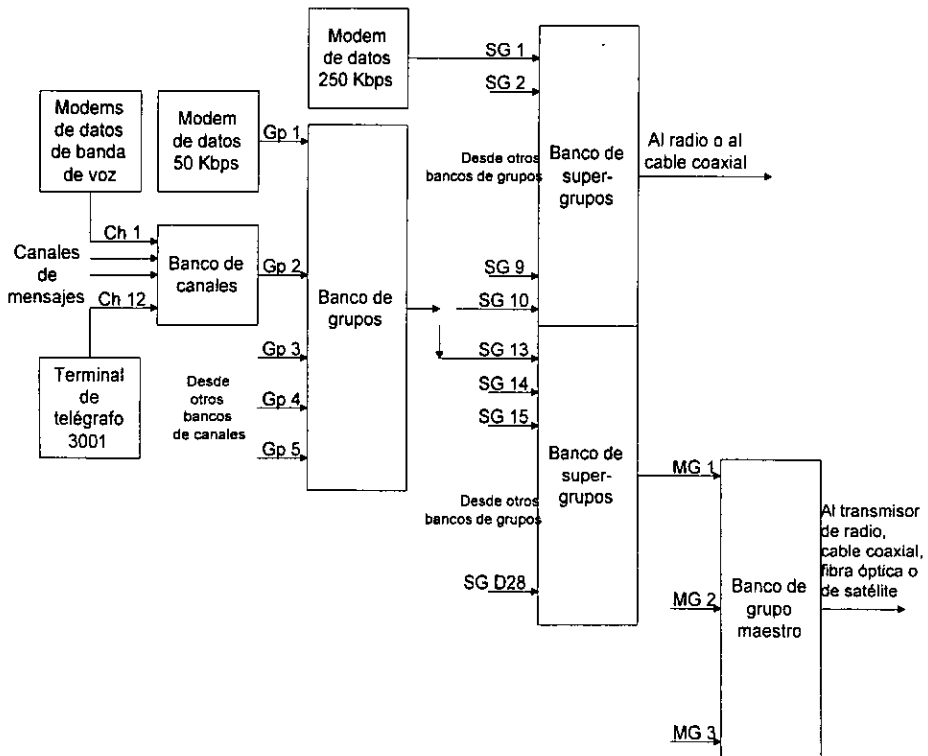


Figura 3.6. Jerarquía FDM de ATT.

FALTA PAGINA

No.

22

CAPITULO 4

PROTOCOLOS EN REDES DE COMUNICACIÓN

4.1. X.25

CARACTERISTICAS

Una de las funciones más importantes del protocolo X.25 es la limitación de la cantidad de tráfico que proviene de las estaciones de usuario, lo cuál evita la congestión de la red; asimismo el ETD de usuario necesita regular el tráfico que proviene de la red. X25 proporciona los procedimientos de control de flujo de errores para asegurar que el tráfico se reciba correctamente.

X.25 define los procedimientos para el intercambio de datos entre los dispositivos de usuario (ETD) y los nodos de la red de paquetes (ETCD), algunas funciones de los procedimientos son la identificación de paquetes de terminales de usuario y computadores específicos (con números de canal lógico(LCN)), aceptación de paquetes, rechazo de paquetes, control de errores y control de flujo.

4.1.1 NIVELES DE X.25

X.25 Y EL NIVEL FISICO

La recomendación X.25 para el nivel de paquetes es uno de los estándares recomendados para el tercer nivel del modelo ISA, aunque también tiene que ver con los dos niveles inferiores. El interfaz de nivel físico recomendado entre el ETD y ETCD es

X.21. X.25 supone que el nivel físico X.21 mantiene activos los circuitos T (transmisión) y R (recepción) para el intercambio de paquetes, supone además, X.21 está en estado 13S (envío de datos), 13R (recepción de datos) ó 13T (transferencia de datos). X.25 también supone que los canales de X.21 C (control) e I (indicación) están activos. Suponiendo que C e I están activos, X.25 utiliza el interfaz físico X.21 como un “conducto de paquetes”, transmitiendo y recibiendo los paquetes por las patillas de transmisión (T) y de recepción (R).

X.25 también utiliza el interfaz físico X.21 bis/RS-232-C, bis significa que es la segunda versión del estándar recomendado. X.21 y RS-232-C utilizan la asignación de circuitos CCITT V.24.

La RS-232-C es la tercera versión de la norma RS-232 original propuesta por la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) el cuál es un organismo registrado de fabricantes de electrónica. La versión internacional se incluye en la recomendación V.24 del CCITT.

En cuanto a la especificación mecánica se considera un conector con 25 patillas y un ancho de 47.04 +- 0.13 mm. En la fila superior se enumeran las patillas del 1 al 13, mientras que en la fila inferior se enumeran del 14 al 25 (de izquierda a derecha).

La especificación eléctrica para la RS-232-C define un bit 1 a aquel que tenga un voltaje negativo mayor que -3volts, y un bit 0 como aquel que tenga un voltaje positivo mayor que +4volts. Las velocidades de datos podrán ser hasta de 20 Kbps, y longitudes de cable hasta 15 metros.

En la figura 4.1 se muestran las patillas más utilizadas. Cuando el terminal se enciende activa la patilla 20 indicando que el terminal de datos está listo “Data Terminal Ready”, de la misma manera, cuando el modem se enciende activa la patilla 6 “Data Set Ready”. La patilla 8 “Carrier Detect” se activa cuando el modem detecta una portadora

sobre la línea telefónica. La patilla 4 “Request to Send” significa que el terminal quiere enviar datos. La patilla 5 “Clear to Send” indica que el modem está preparado para recibir datos. Los datos son transmitidos mediante la patilla 2 “Transmit Circuit” y son recibidos a través de la patilla 3 “Receive Circuit”.

Debido a que la RS-232-C tiene restricciones de velocidad no superior a 20Kbps y distancia de cables no mayor a 15 metros la EIA pensó en la opción de tratar de definir una nueva norma compatible con la anterior pero no muy avanzada técnicamente, ó en la opción de tener una nueva norma incompatible pero que cumpliera con las necesidades futuras. La EIA, por el momento ha tomado las dos opciones.

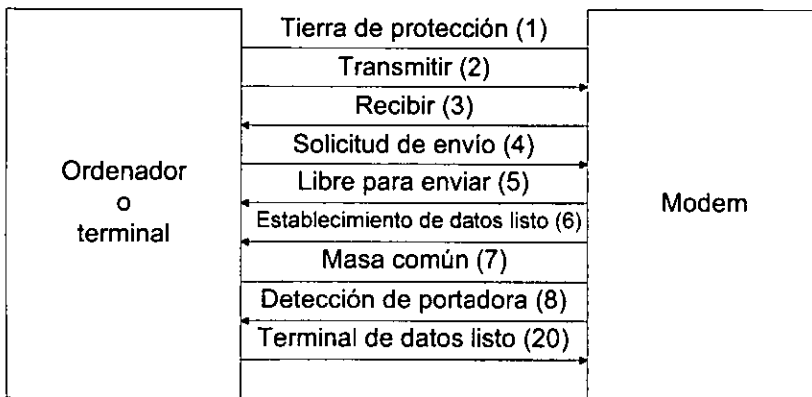


Figura 4.1. Principales circuitos de RS-232.

La RS-449 es una nueva norma que incluye los procedimientos, mecanismos y funcionalidad del interfase. Mientras que la interfase eléctrica se establece en dos formas diferentes. La primera de éstas es la RS-423-A similar a la RS-232-C debido a que todos los circuitos comparten una tierra común a la cuál se le denomina transmisión asimétrica. La segunda norma eléctrica denominada RS-422-A emplea la transmisión balanceada donde

cada circuito principal requiere dos hilos, sin tener una tierra común, por lo tanto, la RS-422-A puede transmitir a velocidades de hasta 2Mbps, en cables de 60metros, e incluso a velocidades mayores sobre cables de longitudes menores. Así también el conector de 25 patillas cambia a uno de 37 patillas y uno más con 9 patillas, éste último es necesario cuando se utiliza el canal de reverso.

RS-232-C			CCITT V.24			RS-449		
Código	Patilla	Circuito	Código	Patilla	Circuito	Código	Patilla	Circuito
AA	1	Tierra de protección	101	1	Tierra de protección	--	1	
BB	7	Tierra de señal	102	7	Tierra de señal	SG	19	Tierra de señal
						SC	37	Envío común
						RC	20	Recepción común
BA	2	Datos transmitidos	103	2	Datos transmitidos	SD	4.22	Envío de datos
BB	3	Datos recibidos	104	3	Datos recibidos	RD	6.24	Recepción de datos
CA	4	Solicitud de envío	105	4	Solicitud de envío	RS	7.25	Solicitud de envío
CB	5	Libre para envío	106	5	Listo para envío	CS	9.27	Libre para envío
CC	6	Establecimiento de datos listo	107	6	Establecimiento de datos listo	DM	11.29	Modo de datos
CD	20	Terminal de datos listo	108	20	Terminal de datos listo	TR	12.30	Terminal listo
CE	22	Campanilla indicadora de llamada	125	22	Indicador de llamada	IC	15	Llamada entrante
		Detector de línea			Detector de línea			
CF	8	Calidad de la señal	109	8	Calidad de la señal	RR	13.31	Receptor listo
CG	21	Velocidad del DTE	110	21	Velocidad del DTE	SQ	33	Calidad de la señal
CH	23	Velocidad del DCE	111	23	Velocidad del DCE	SR	16	Velocidad de señalización
						SI	2	Indicadores de señalización
CI	18		112	18	Señal nueva			Terminal en serv.
					Selección de frecuencia	IS	28	Señal nueva
			136	11		NS	34	Selección de frecuencia
			126			SF	16	
DA	24	Temporización del DTE	113	24	Temporización del DTE	TT	17.35	Temporización del terminal
DB	15	Temporización del DCE	114	15	Temporización del DCE	ST	5.23	Temporización de envío
DD	17	Temporización del receptor	115	17	Temporización del receptor	RT	8.26	Temporización de recepción
SBA	14	Datos transmitidos	118	14	Datos transmitidos	SSD	3	Envío de datos
SBB	16	Datos recibidos	119	16	Datos recibidos	SRD	4	Recepción de datos
SCA	19	Solicitud de envío	120	19	Señal de línea	SRS	7	Solicitud de envío
SCB	13	Libre para envío	121	13	Canal listo	SCS	8	libre para envío
SCF	12	Detector de línea	122	12	Detector de línea	SRR	2	Receptor listo
						LL	10	Bucle de abonado en forma de anillo
						RL	14	Lazo a distancia en forma de anillo
						TM	18	Modo de prueba
						SS	32	Selección de espera
						SB	36	Indicador de espera

Tabla 4.1. Comparación entre la RS-232-C, V.24 y RS-449.

El nivel físico de X.25 es un conductor pasivo donde los niveles de enlace y de red se encargan de su control.

X.25 Y EL NIVEL DE ENLACE DE DATOS

X.25 es una herramienta del LAPB (Procesamiento Balanceado del Enlace de Acceso) el cuál permite iniciar la conexión de comunicación de cualquiera de los extremos (ETD o ETCD). Durante la transferencia la información LAPB verifica que las tramas lleguen al receptor con una secuencia correcta y libre de errores. El paquete X.25 se transporta en la trama LAPB en el campo I (información).

Un circuito virtual es aquel que es compartido por varios usuarios, en el que cada usuario cree que esta conectado a un circuito físico dedicado. Utilizando técnicas de multiplexación estadística se transportan por un mismo canal físico diversos paquetes de diferentes usuarios. X.25 utiliza números lógicos de canal (LCNs) para identificar las conexiones de los ETD a la red, se pueden asignar hasta 4095 canales lógicos y sesiones de usuario a un mismo canal físico.

Existen cuatro mecanismos para establecer y mantener las conexiones entre ETD:

1. Circuito virtual permanente (PVC).
2. Llamada virtual (VC).
3. Llamada de selección rápida.
4. Llamada de selección rápida con liberación inmediata.

Circuito virtual permanente (PVC). Un circuito virtual permanente no requiere procedimientos de establecimiento ni de liberación de conexiones ya que el canal lógico está siempre en modo de transferencia de información.

Llamada virtual. Como ejemplo se pueden mencionar aquellos procedimientos para establecer una llamada en una red telefónica convencional. El ETD originador envía a través de la red un paquete de solicitud de llamada con un número de canal lógico (LCN), la red se encarga de hacer llegar este paquete al ETD destino. Si el ETD destino acepta la llamada transmite un paquete de aceptación de llamada, la red envía éste paquete de aceptación en forma de llamada conectada, después del establecimiento de la llamada el canal entra en modo de transferencia de datos. Una vez finalizada la sesión, cada ETD envía una solicitud de liberación, la cuál es recibida y aceptada como un paquete de confirmación de liberación.

Llamada de selección rápida. Este tipo de selección permite que el paquete de solicitud de llamada contenga hasta 128 bytes de datos de usuario, este tipo de paquete indica si el ETD destino debe responder con un paquete de liberación de llamada o con una llamada aceptada.

Llamada de selección rápida con liberación inmediata. En esta opción cuando el ETD destino manda la aceptación también manda una solicitud de liberación (que puede contener también datos de usuario), este paquete se recibe como un paquete de indicación de liberación, por lo que el ETD origen envía una confirmación de liberación el cuál no puede contener datos de usuario. En resumen, el paquete de ida establece la conexión y el paquete de vuelta la cierra.

FORMATOS DE PAQUETES

La longitud del campo de datos de usuario es de 128 bytes, aunque la recomendación X.25 permite otras opciones en la longitud como 16, 32, 64, 256, 1024, 2048 y 4096 bytes.

Los paquetes que se envían por la red deben tener al menos tres octetos que son los de cabecera del paquete, aunque ésta puede contener otros octetos. La figura 4.1 muestra la cabecera de paquetes de datos y no de datos. Los primeros cuatro bits del primer octeto muestran la cabecera que contiene el número de grupo de canal lógico, los últimos cuatro bits contienen el identificador general de formato, donde los bits 5 y 6 (SS) se emplean para indicar el secuenciamiento en las sesiones de paquetes. En X.25 se tienen dos opciones para el secuenciamiento. La primera opción se denomina Módulo 8, ésta permite variar los números de secuencia de 0 a 7. La segunda opción tiene como nombre Módulo 128 ya que permite que los números de secuencia varíen de 0 a 127. El séptimo bit del identificador general de formato llamado bit D tiene dos valores, cuando vale 0, el valor de P(R) indica el reconocimiento de la recepción de los paquetes de datos por la red; cuando D vale 1, el campo P(R) se emplea para indicar la aceptación de los paquete entre extremos. El octavo bit se conoce como bit Q el cual se emplea solo en los paquetes de datos, e indica si son datos de usuario ó información de control.

Cuando el bit D vale 0 P(R) indica el reconocimiento de la recepción de los paquetes de datos de la red, en cambio cuando el bit D vale 1 P(R) es empleado para indicar la aceptación del paquete entre extremos; es decir, de un ETD a otro. El bit M nos da la secuencia de los paquetes que viajan por la red.

Existen dos categorías de paquetes (A y B) que tienen una relación con los bits M y D. Los paquetes con categoría B identifican que una secuencia de paquetes ha sido terminada; en cambio, los paquetes con categoría A indican que éstos forman parte de una secuencia en progreso.

El segundo octeto de la cabecera del paquete contiene el número del canal lógico (LCN), este campo de 8 bits en combinación con el número de grupo de canal lógico forma una identificación completa de canal lógico de 12 bits, por lo tanto, se pueden obtener hasta 4095 canales lógicos (2^{12} menos el canal 0), el canal 0 se reserva para funciones de control

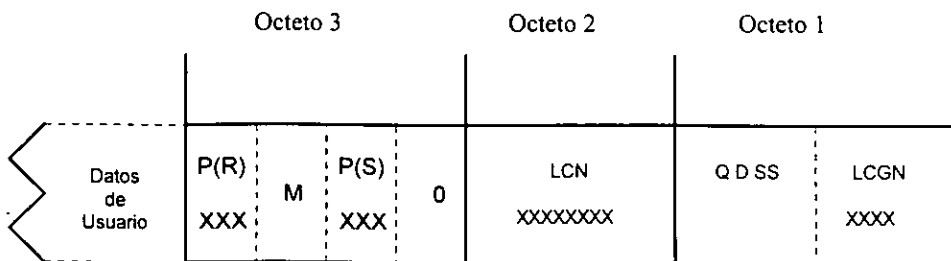
como reinicialización o diagnóstico. El número de canal lógico es útil para la identificación del ETD.

El tercer octeto de la cabecera de paquetes es el identificador de tipo de paquete para paquetes que no son de datos, y de secuenciamiento para paquetes de datos.

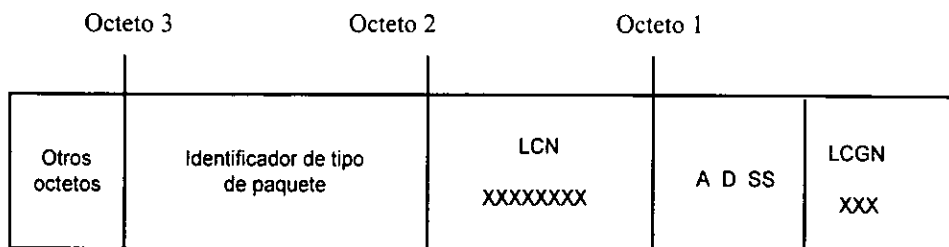
En la figura 4.2. c) se muestran los campos de direcciones que pueden ir desde el octeto cuarto hasta el decimonoveno (longitud máxima) del paquete de solicitud de llamada, estos campos son utilizados en los paquetes de establecimiento de llamada con el fin de identificar que estaciones son las originadoras y cuales las que reciben. El paquete puede contener datos de llamada de usuario, donde el límite máximo de la longitud de los datos de usuario en el paquete de solicitud de llamada es de 16 octetos.

4.2. PROTOCOLO DE CONTROL DE TRANSMISION (TCP)

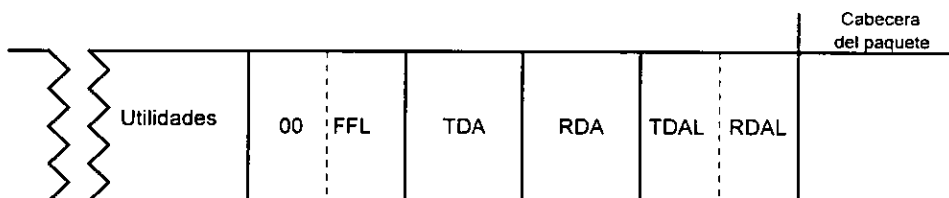
El TCP (Protocolo de Control de Transmisión) especifica el formato de datos y los acuses de recibo en el intercambio entre dos computadores, también especifica los procedimientos que el computador empleará para asegurar que la información llegue a su destino. Especifica la manera en que el TCP encuentra el destino correcto entre muchos dentro de un mismo computador. Especifica también la manera en que los mismos computadores resuelven los problemas de pérdida y duplicidad de paquetes, así como la manera en que dos computadores inician y finalizan una transferencia de flujo TCP.



a) Cabeceras de paquetes de datos.

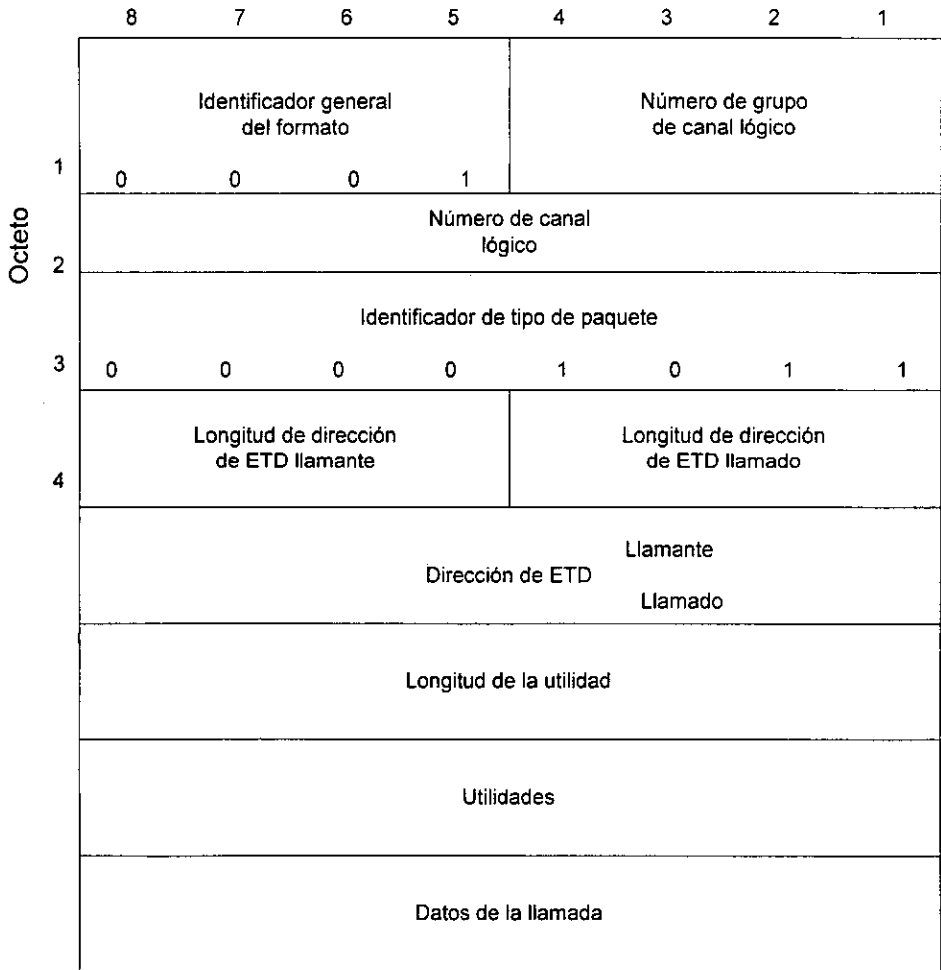


b) Cabecera de paquetes no de datos.



c) Paquete no de datos.

- P(R) : Número de secuencia de recepción
- M : Indicador de categoría de paquete
- P(S) : Número de secuencia de envío
- LCN : Número de canal lógico
- Q : Bit cualificador
- D : Bit de confirmación de envío
- A : Bit de direcciones
- SS : Bits de módulo
- LCGN : Grupo de canal lógico
- FFL : Longitud de campo de utilidades
- TDA : Dirección de ETD transmisor
- RDA : Dirección de ETD transmisor
- TDAL : Longitud de dirección de ETD transmisor
- RDAL : Longitud de dirección de ETD receptor



d) Paquetes X.25.

Figura 4.2. La característica de X.25 que requiere que el ETD o ETCB receptor deban saber que número de secuencia enviar al transmisor para aceptar un paquete es similar al nivel 2 del modelo ISA Control de Enlace de Datos.

El TCP emplea números de puerto de protocolo para identificar el destino final dentro de una máquina. Estos números de puerto son conexiones de circuito virtual, no puertos individuales, donde estas conexiones se identifican por medio de un par de puntos extremos, estos puntos extremos son definidos en el TCP como un par de números enteros (anfitrión, puerto) donde el anfitrión es la dirección IP de un anfitrión y puerto es un puerto TCP en dicho anfitrión.

Debido a que el TCP es un protocolo orientado a conexión requiere que se establezca una comunicación previa entre los extremos y que estos estén de acuerdo en que se realice la conexión, este procedimiento lo lleva a cabo el programa de aplicación de un extremo mediante una función de apertura pasiva que se da al contactar a su sistema operativo e indicar que aceptará una conexión entrante. Y es aquí donde el sistema operativo asigna un número de puerto TCP a su extremo de la conexión. En el otro extremo el programa de aplicación contacta a su sistema operativo a través de una solicitud de apertura activa para establecer una conexión, los dos módulos de software TCP se comunican para establecer y llevar a cabo la conexión, éstos intercambian mensajes en cada extremo garantizando así la entrega confiable, una vez realizada la conexión, los programas de aplicación pueden comenzar a transferir datos.

Para proporcionar confiabilidad en la entrega de datos el protocolo utiliza una técnica que se conoce como acuse de recibo positivo con retransmisión, lo cual significa que el extremo receptor al recibir un paquete envía un mensaje de acuse de recibo (ACK) al extremo transmisor, el cual enviará otro paquete hasta que llegue este acuse de recibo. Al enviar un paquete el transmisor activa un temporizador donde si éste expira el transmisor supone que el paquete se perdió y lo vuelve a enviar. Existe el problema que debido a retrasos en las redes los acuses y paquetes se puedan duplicar, pero éste se resuelve enviando números de secuencia dentro de los acuses y los paquetes.

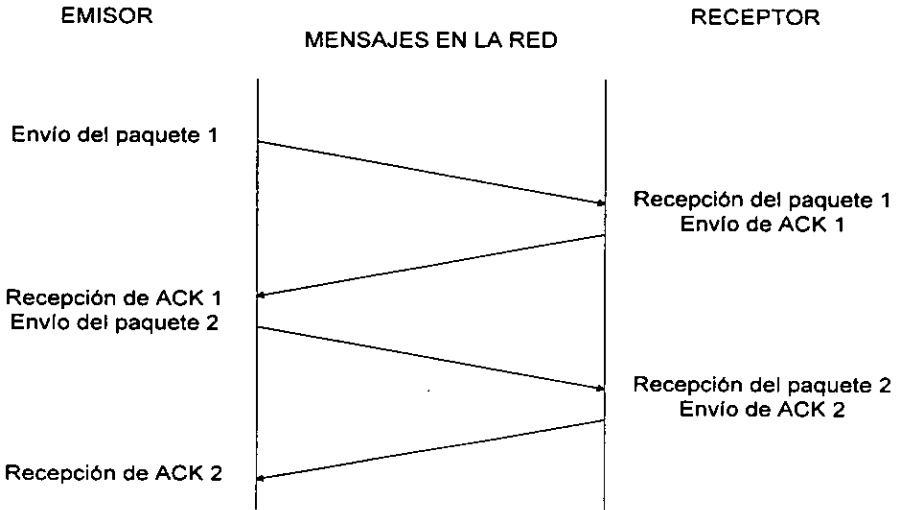


Figura 4.3. El protocolo utiliza acuses de recibo positivo con retransmisión, donde el transmisor espera el acuse para enviar el siguiente paquete.

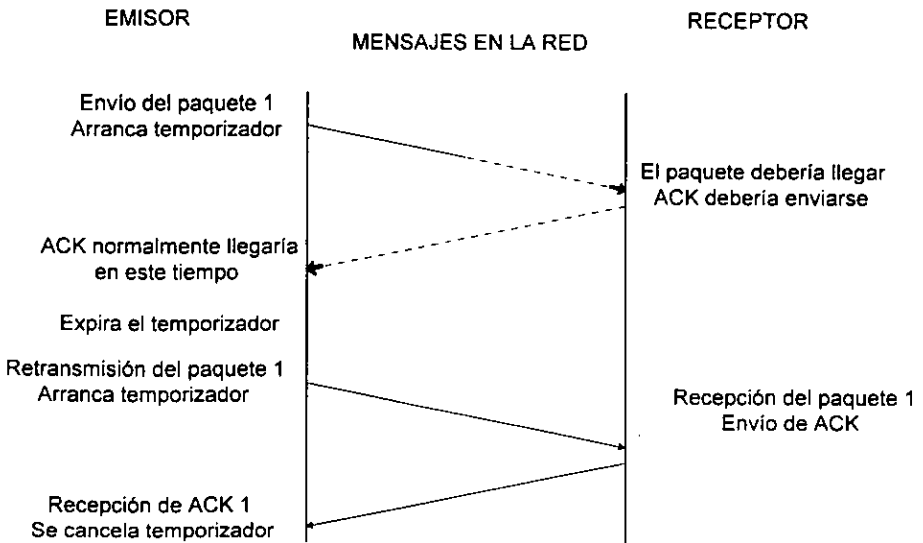


Figura 4.4. Tiempo excedido y retransmisión que ocurre cuando un paquete se pierde.

Para lograr que la transmisión de flujo sea más eficiente se crea el concepto de ventana deslizante, en la cual es posible enviar más de un paquete a través de la red sin tener que esperar un acuse de recibo para poder mandar otro paquete. Por lo tanto la eficiencia de un protocolo de ventana deslizante depende del tamaño de la ventana y de la velocidad con que la red acepta paquetes.

El protocolo simplificado de ventana deslizante opera a nivel de octeto no de segmento ni de paquete. Los octetos del flujo de datos son numerados secuencialmente. El transmisor mantiene tres apuntadores asociados con cada conexión, el primero separa los octetos que ya fueron enviados y se tiene acuse de recibo de los que se enviaron pero aun no se confirman, el segundo apuntador marca el extremo derecho de la ventana deslizante y define los octetos que pueden ser enviados antes de recibir más acusos de recibo, el tercer apuntador marca la frontera entre los bits que se pueden enviar y los que tiene que esperar hasta que la ventana se mueva, con el concepto de ventana deslizante se logra una transmisión eficiente y un control de flujo.

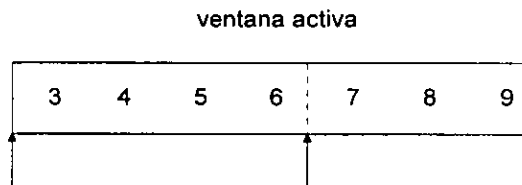


Figura 4.5. Ventana deslizante TCP, los octetos hasta el 2 se enviaron y se tiene un acuse de recibo, los octetos 3 al 6 se enviaron pero aún no se tiene acuse de recibo, los octetos 7 al 9 serán enviados, pero los octetos 10 en adelante solo podrán ser enviados hasta que la ventana se mueva..

El TCP emplea el concepto de ventana deslizante, y tiene la ventaja de permitir que el tamaño de la ventana varíe; es decir, cuando el extremo receptor envía un acuse de recibo de los octetos que se recibieron, también avisa a la ventana cuantos octetos adicionales de

datos puede recibir el receptor, dependiendo de lo anterior el transmisor puede aumentar o disminuir el tamaño de la ventana. Con este concepto se introduce un control de flujo y una transferencia confiable.

Como se observa en la figura 4.6, un acuse de recibo puede viajar en el mismo segmento que los datos. Los segmentos están divididos en encabezado y datos; el encabezado transporta la identificación y la información. En los campos de PUERTO FUENTE y PUERTO DESTINO se almacenan los números de puerto TCP que identifican a los programas de aplicación en los extremos de la conexión. El campo NUMERO DE SECUENCIA contiene la posición de los datos del segmento en el flujo de datos del transmisor. El campo NUMERO DE ACUSE DE RECIBO contiene el número de octetos que la fuente espera recibir posteriormente. El campo HLEN define la longitud total del encabezado del segmento medido en múltiplos de 32 bits, el tamaño del encabezado varía debido a que el campo OPCIONES varía su longitud dependiendo de que opciones se hayan incluido. Al campo RESERVADO se le dará una utilidad en el futuro. El campo CODE BITS define que tipo de segmento es el que se está enviando, que puede ser como ya vimos un segmento de establecimiento o cierre de conexión, o segmentos de acuse de recibo o de datos; este campo está conformado por 6 bits y cada bit nos dice la manera de interpretar otros campos en el encabezado tal y como se muestra en la tabla 4.2.

BIT (DE IZQUIERDA A DERECHA)	SIGNIFICADO SI EL BIT ESTA PUESTO A 1
URG	El campo del puntero de urgente es válido
ACK	El campo de acuse de recibo es válido
PSH	Este segmento solicita una operación push
RST	Iniciación de la conexión
SYN	Sincronizar números de secuencia
FIN	El emisor ha llegado al final de su flujo de octetos

Tabla 4.2. Bits del campo CODE BITS en el encabezado TCP.

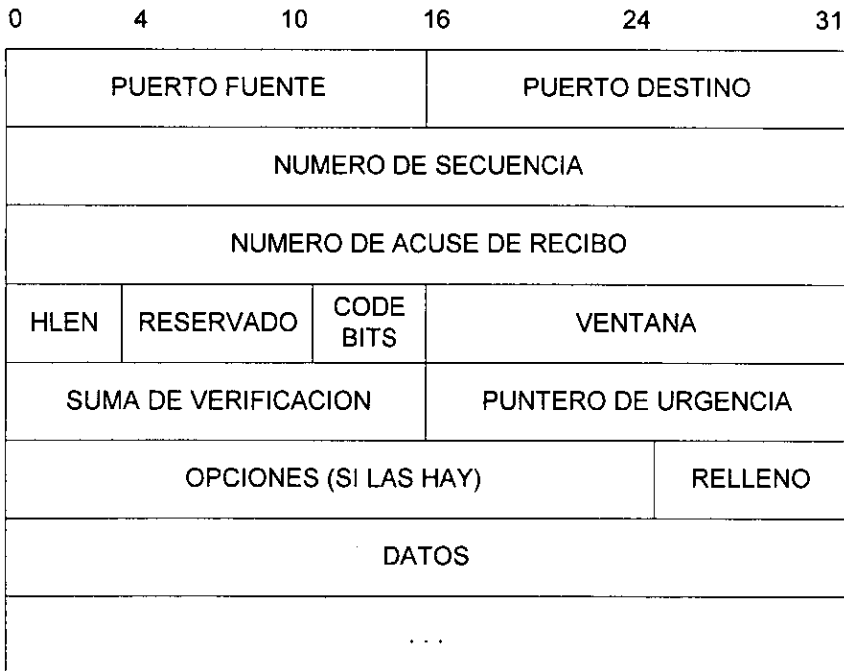


Figura 4.6. Formato de un segmento TCP con un encabezado TCP seguido de datos.

Con el campo VENTANA se indica la cantidad de datos que el software está dispuesto a aceptar cada vez que se envía un segmento especificando su tamaño de memoria intermedia.

El TCP también puede enviar datos fuera de banda, esto lo hace mediante el envío de datos especificados como urgentes donde el TCP receptor debe notificar inmediatamente al programa de aplicación que entre en la modalidad de urgente; una vez asimilados los datos urgentes el TCP informa al programa de aplicación que debe regresar a su operación normal. La forma en que el TCP avisa al programa de aplicación que existen datos urgentes depende del sistema operativo de la máquina. El campo PUNTERO DE

URGENCIA es el que se utiliza para el envío de datos urgentes, al activarse este campo con el código URG se especifica la posición dentro del segmento en donde terminan los datos urgentes.

El campo OPCIONES es utilizado por ambos extremos del TCP para negociaciones como por ejemplo, el tamaño máximo de los segmentos (MMS). Así por ejemplo, si estamos utilizando una máquina con memoria limitada en un extremo de la red y del otro una supercomputadora, se puede negociar un MMS que limite los segmentos para que no saturen a la máquina con memoria limitada. Un tamaño máximo de segmento es de 536 (576 menos el tamaño estándar de los encabezados IP y TCP).

El campo SUMA DE VERIFICACION se utiliza para verificar la integridad de los datos y del encabezado, para llevar a cabo ésta verificación el software TCP transmisor utiliza un pseudo-encabezado que une al segmento, éste contiene una dirección IP de origen y destino, un campo de PROTOCOLO donde se especifica el valor que utilizará el sistema subyacente, un campo de LONGITUD DE TCP que indica la longitud total del segmento que incluye el encabezado TCP; cuando el software TCP de recepción recibe el datagrama extrae de éste el pseudo-encabezado del segmento y lo incluye en el cómputo de la suma para corroborar que el segmento llegó intacto al destino correcto.

Con el acuse de recibo el receptor informa al transmisor el número de secuencia del siguiente octeto que espera recibir.

El TCP emplea el concepto de terminación de tiempo y retransmisión, así cada vez que el transmisor envía un segmento inicializa un temporizador y espera el acuse de recibo. Si se agota el tiempo de espera el transmisor tiene que retransmitir el segmento ya que se asume que los datos se perdieron o se corrompieron. Debido a que la distancia entre receptor y transmisor puede variar a consecuencia de que los datos tengan que viajar a través de varias redes intermedias o ruteadores, o puede que en determinado momento exista demasiado tráfico por la red, el TCP maneja un algoritmo adaptable de retransmisión,

es decir que el tiempo de terminación es variable. Así que el TCP debe monitorear el desempeño de la conexión y calcular el tiempo de terminación adecuado; si cambia el desempeño de la red el TCP adecuará nuevamente el tiempo de terminación. El cálculo lo hace considerando el tiempo de transmisión del primer segmento y el tiempo en recibir el primer acuse y continúa así con los sucesivos acuses realizando promedios de tiempo.

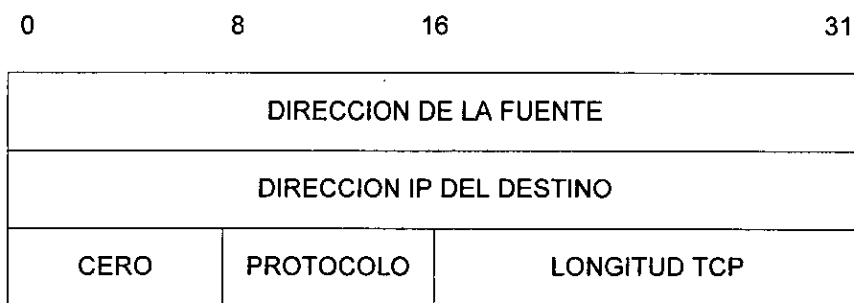


Figura 4.7. Formato del pseudo-encabezado que se utiliza en el cálculo de la suma de verificación del TCP.

Cuando se inicia una conexión el TCP manda un saludo (handshake), éste saludo consta de tres etapas. El primer segmento del saludo se envía con el bit SYN activo que está contenido en el campo de código. El segundo segmento es enviado con los bits SYN y ACK activos, donde ACK es el acuse de recibo. El tercer segmento es utilizado como acuse de recibo e indica que ambas partes convienen en realizar una conexión.

Para terminar una conexión TCP se modifica el proceso de saludo de tres etapas, esta vez activando el bit FIN.

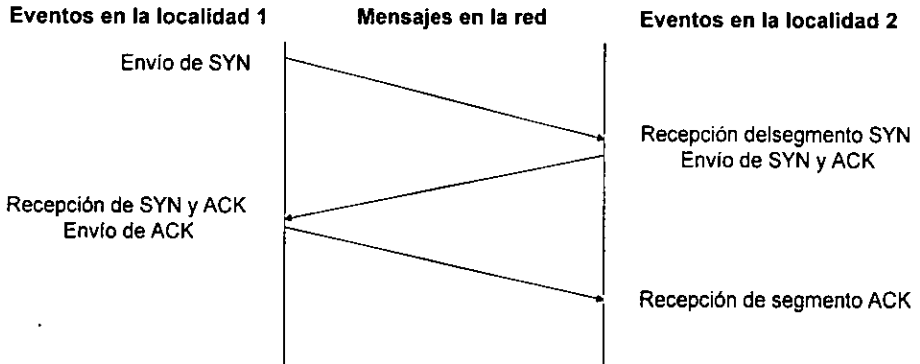


Figura 4.8. Secuencia de mensajes en el saludo de tres etapas.

4.3 PROTOCOLO DE INTERNET (IP)

El Protocolo de Internet (IP) es conocido como un mecanismo de entrega sin conexión y no confiable. Entrega sin conexión y con el mejor esfuerzo, así se le define, se entrega con el mejor esfuerzo porque el software de red realiza un verdadero esfuerzo por entregar los paquetes, aunque al servicio se le denomina como no confiable porque la entrega no está garantizada, la no confiabilidad se presenta únicamente cuando los recursos se agotan o falla la red subyacente. Entrega sin conexión debido a que cada paquete es tratado de distinta manera, puesto que los paquetes pueden ser enviados por rutas distintas, llegando al lado receptor de manera desordenada y donde algunos paquetes se pueden perder, duplicar o retrasar, debido a que el servicio no detecta esta situación los extremos de la conexión no son informados.

El protocolo IP maneja tres reglas fundamentales para el procesamiento de los datos. Estas reglas son: a) Definición de la unidad básica para la transferencia de datos.- Especifica el formato exacto de los datos que pasarán a través de una red de redes TCP/IP;

b) El software IP lleva a cabo la función de ruteo: Selecciona la ruta por la que deben pasar los datos; c) El IP aporta un conjunto de reglas para la entrega de paquetes no confiable bajo las cuales los ruteadores y anfitriones deben procesar los paquetes, saber cómo y cuando generar mensajes de error y cuando un paquete será descartado.

Definición de la unidad básica para la transferencia de datos.

A la unidad de transferencia del IP se le denomina datagrama y éste está conformado por un encabezado y datos, donde el encabezado está formado por la direcciones IP (las direcciones IP son direcciones lógicas que hacen referencia a una dirección física de hardware) de fuente y destino y un campo que define el contenido del datagrama.



Figura 4. 9. Forma general de un datagrama IP.

El campo VERS se refiere a la versión del software del protocolo IP, este campo se verifica antes de procesar el datagrama con el fin de que tanto receptor como emisor manejen el mismo formato de dicho datagrama, si la versión no coincide se rechaza el datagrama para evitar malas interpretaciones de contenido. La versión actual es la número 4.

El campo HLEN (Longitud del encabezado) nos da la longitud del encabezado.

El campo LONGITUD TOTAL (TOTAL LENGHT) nos indica la longitud en octetos del datagrama IP, éste contempla también los octetos del encabezado y los datos. El tamaño máximo de la longitud de un datagrama es de 2^{16} ó 65 365 octetos.

0	4	8	16	19	24	31
VERS	HLEN	TIPO DE SERVICIO	LONGITUD TOTAL			
IDENTIFICACION			BAN- DERAS	DESPLAZAMIENTO DE FRAGMENTACION		
TIEMPO DE VIDA	PROTOCOLO		SUMA DE VERIFICACION DEL ENCABEZADO			
DIRECCION IP DE LA FUENTE						
DIRECCION IP DEL DESTINO						
OPCIONES IP (SI LAS HAY)					RELLENO	
DATOS						
...						

Figura 4.10. Formato de un datagram IP.

El campo TIPO DE SERVICIO (Type of Service TOS) indica como debe interpretarse un datagrama, este campo se subdivide en 5 subcampos como se muestra en la figura 4.11.

1	2	3	4	5	6	7
PRIORIDAD	D	T	R	SIN USO		

Figura 4.11. Los cinco subcampos que conforman el campo TIPO DE SERVICIO.

Los primeros tres bits indican la prioridad del datagrama y sus valores van de 0 que indica prioridad normal a 7 de control de red. El tipo de transporte deseado es especificado por los bits D, T y R; donde si los bits están activados D indica una solicitud de procesamiento con retardos cortos, el bit T indica una solicitud de alto desempeño, y el bit R indica una solicitud de alta confiabilidad. Debido a que en ocasiones no es posible que se obtenga el tipo de transporte solicitado la tecnología existente intercambiará alguna característica para que el resultado sea un tipo de transporte lo mas cercano al seleccionado.

Los datagramas manejados mediante software deben viajar a través de una red física subyacente pero no son reconocidos por dicha red ya que ésta maneja tramas de red, para hacer posible su transportación deben ser encapsulados (encapsular significa insertar datagramas en la posición destinada a datos de la trama) en tramas de red.

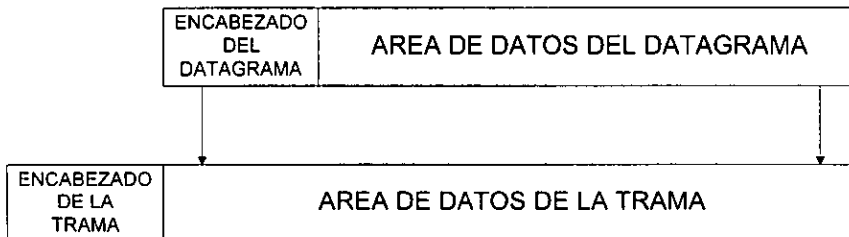


Figura 4.12. Encapsulamiento de un datagrama IP en una trama.

En la mayoría de las ocasiones el tamaño de los datagramas IP no se ajustan al tamaño de la trama física por lo que los datagramas deben ser fragmentados (divididos). Para hacer lo anterior el software debe conocer la unidad de transferencia máxima de la red en la que trabajará (MTU maximum transfer unit) ya que cada tecnología de hardware maneja MTU's distintos. La fragmentación se realiza generalmente entre ruteadores que conforman el trayecto entre destino y fuente. Los fragmentos se seleccionan para que sean

múltiplos de 8 octetos, de ahí que en ocasiones los últimos fragmentos sean más pequeños que los primeros. Al llegar a su destino los fragmentos se deben reensamblar obteniendo el datagrama completo original antes de que puedan ser procesados.

La fuente puede seleccionar el tamaño de datagrama que considere apropiado, por lo que la fragmentación y reensamblado se llevan a cabo sin que la fuente tenga que realizar alguna operación especial. Cada fragmento contiene un encabezado donde se duplica la mayor parte del encabezado original del datagrama, exceptuando un bit en el campo BANDERA (FLAG) donde se muestra que éste es un fragmento seguido de todos los datos que puedan ser incluidos en el fragmento debiéndose observar que la longitud total sea menor o igual a la MTU de la red en la que viajará dicho fragmento.

Una vez fragmentado un datagrama éste no será reensamblado hasta que alcance su destino final, esto puede acarrear dos desventajas, una es que si los datagramas son fragmentados al pasar por una red con MTU pequeña, éstos pequeños fragmentos son transportados hasta su destino final y aún cuando el destino tenga una MTU grande el proceso se realizará con cierta ineficacia, el otro punto es que si se pierde un sólo fragmento el datagrama no podrá reensamblarse y se perderá por completo. Cuando la máquina receptora recibe un fragmento ésta arranca un temporizador de reensamblado, si éste temporizador llega al final y no se han recibido todos los fragmentos la máquina receptora no reensamblará el datagrama, por lo que vemos que la fragmentación incrementa el riesgo de pérdida de datagramas. Aún a pesar de los inconvenientes citados, el reensamblado de datagramas funciona bien y permite que los fragmentos puedan rutearse de manera independiente por lo que no es necesario que ruteadores intermedios almacenen o reensamblen fragmentos.

El control de la fragmentación lo llevan a cabo tres campos en el encabezado del datagrama y son: IDENTIFICATION, FLAGS y FRAGMENT OFFSET. El campo IDENTIFICATION contiene un número entero que identifica al datagrama, éste es copiado en la fragmentación y tiene por objetivo que con él se identifique a que datagrama pertenece

un fragmento. El campo FRAGMENT OFFSET indica el número de fragmento y es medido en unidades de 8 octetos, generalmente los fragmentos no llegan en orden. El campo FLAGS controla la fragmentación y especifica si existen más fragmentos ó si es el fragmento del extremo final del datagrama original.

ENCABEZADO DEL DATAGRAMA	DATOS 1 600 OCTETOS	DATOS 2 600 OCTETOS	DATOS 3 200 OCTETOS
--------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

ENCABEZADO DEL FRAGMENTO 1	DATOS 1
----------------------------	---------

FRAGMENTO 1
(DESPLAZAMIENTO 0)

ENCABEZADO DEL FRAGMENTO 2	DATOS 2
----------------------------	---------

FRAGMENTO 2
(DESPLAZAMIENTO 600)

ENCABEZADO DEL FRAGMENTO 3	DATOS 3
----------------------------	---------

FRAGMENTO 3
(DESPLAZAMIENTO 1200)

Figura 4.13. El datagrama original transporta 1400 octetos de datos, para su envío tiene que ser fragmentado en 3 para una red con MTU 620, los encabezados 1 y 2 llevan el bit más fragmentos activo.

Existe un campo llamado TIME TO LIVE que especifica el tiempo que un datagrama puede estar activo dentro de una red de redes, los ruteadores y los anfitriones por los que va pasando el datagrama se encargan de decrementar en uno éste tiempo, así cuando el tiempo llega a cero los mismos ruteadores y anfitriones se encargan de eliminar dicho datagrama enviando un mensaje de error a la fuente, el tiempo de permanencia de un datagrama en una red evita que los datagramas viajen a través de la red de redes indefinidamente.

El campo **PROTOCOL** especifica el protocolo utilizado para crear el mensaje que es enviado en el campo **DATA** de un datagrama, es decir, especifica el formato del área **DATA**.

El campo **HEADER CHECKSUM** es la suma de verificación del encabezado, y como esta separada de la suma del campo de datos el tiempo de procesamiento y ruteo disminuye. Los campos **SOURCE IP ADDRESS** y **DESTINATION IP ADDRESS** contienen direcciones IP de 32 bits de los datagramas del emisor y del receptor. En el campo **DATA** se inserta el área de datos de un datagrama y su longitud dependerá de la información que se esté enviando en el datagrama.

El campo **OPTIONS** no se requiere en todos los datagramas, éste se utiliza para pruebas de red o depuración y su longitud varía de acuerdo al tipo de opción que se haya seleccionado. El campo **PADDING** es utilizado como relleno para asegurar que la extensión del encabezado sea un múltiplo de 32 bits.

Ruteo en una red de redes

Rutear significa elegir un camino sobre el cual se enviarán paquetes , donde el ruteador es la computadora que hace la elección y la responsable de rutear los paquetes es la propia red. El software de ruteo IP selecciona la ruta por la que debe enviar los datagramas, ésta se selecciona basándose en suposiciones sobre los caminos más cortos.

Los ruteadores interconectan dos o más redes físicas, siendo su principal objetivo la decisión de ruteo IP para la transferencia de paquetes de una red a otra. El ruteo se divide en entrega directa y entrega indirecta. La entrega directa es aquella donde un datagrama viaja desde una máquina a otra por una sola red física. La entrega indirecta se da cuando el datagrama tiene que pasar por un ruteador antes de su entrega a la máquina receptora.

Cuando una máquina transfiere un datagrama a otra máquina que está dentro de la misma red, el datagrama no pasa por ningún ruteador, la máquina transmisora manda una trama física dentro de la cuál va encapsulado el datagrama que contiene la dirección IP de destino y que es convertida por la máquina transmisora en una dirección física de hardware. La forma en que la máquina transmisora sabe que otra máquina está dentro de la misma red es comparando la dirección IP de destino con la propia ya que una dirección IP contiene un prefijo de red y un sufijo de anfitrión ó máquina de usuario y donde el prefijo es el mismo para todas las máquinas conectadas dentro de una misma red. Las direcciones IP están formadas por 4 bytes (32 bits), donde cada byte es separado por un punto. Para identificar la parte de red (netid) y la parte de anfitrión (hostid) las direcciones se clasifican en tres tipos: clase A, clase B y clase C como se muestra en la figura 4.14.

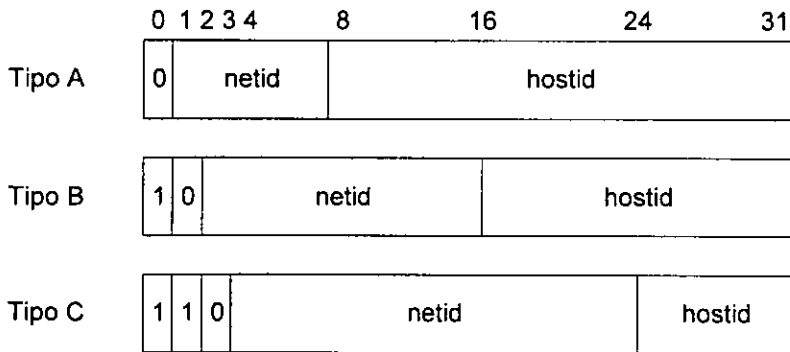


Figura 4.14. Tipos de direcciones de IP.

Las direcciones clase A son utilizadas para redes con más de 2^{16} anfitriones (65 536 anfitriones). Como se ve en la figura se asignan 7 bits para identificar la parte de red y 24 bits para la parte de anfitrión. Las direcciones clase B se utilizan para las redes que interconectan mas de 2^8 anfitriones (256 anfitriones) y menos de 2^{16} anfitriones, para ello utilizan para la parte de red 14 bits y para la parte de anfitrión 16 bits. Las redes que

interconectan menos de 2^8 anfitriones son de clase C y para identificarlas utilizan para el área de red 21 bits y para la parte de anfitrión tan sólo 8 bits.

Para fines prácticos, las direcciones IP como ya dijimos se escriben como cuatro enteros decimales separados por puntos donde cada decimal es el valor de un octeto de la dirección IP.

Para la entrega indirecta el transmisor debe identificar un ruteador para enviar el datagrama, una vez que el ruteador recibe el datagrama, debe transmitir éste hacia la red de destino. El software IP es el que va seleccionando cada ruteador por el que debe pasar el datagrama hasta que éste es entregado en forma directa al anfitrión o máquina destino.

CLASE	DIRECCION MAS BAJA	DIRECCION MAS ALTA
A	0 . 1 . 0 . 0	126 . 0 . 0 . 0
B	128 . 0 . 0 . 0	191 . 255 . 0 . 0
C	192 . 0 . 1 . 0	223 . 255 . 255 . 255

Tabla 4.3. Rango de valores decimales con punto para las clase A, B y C.

Para alcanzar un ruteador las máquinas emplean comúnmente el algoritmo básico de ruteo controlado por tablas. Las tablas de ruteo sólo contienen prefijos de red de las redes de destino y no direcciones IP de anfitriones completas, así cuando el software IP en un anfitrión va a transmitir un datagrama primero consulta la tabla de ruteo para decidir a donde enviar dicho datagrama. La tabla de ruteo está formada por pares N R, donde N es la dirección IP de una red de destino y R la dirección IP del siguiente ruteador en el camino hacia la red N, por lo anterior a R se le conoce como salto siguiente. Si alguna ruta no aparece en la tabla de ruteo el datagrama es enviado a un ruteador asignado por omisión que tiene asociados muchos registros.

La dirección de salto siguiente ó nueva dirección a la que tiene que llegar el datagrama no se almacena en éste, sino que el software IP del anfitrión pasa el datagrama y la dirección de salto siguiente al software de interfaz de red quien es el que transforma la dirección de salto siguiente en una dirección física y manda una trama con ésta dirección y coloca el datagrama en la porción de datos de la trama. Una vez utilizada la dirección de salto siguiente, el software de interfaz desecha la trama.

4.4 PROTOCOLO DE RESOLUCION DE DIRECCIONES (ARP)

Como hemos visto las máquinas ó anfitriones tienen asignados direcciones IP, pero cuando una máquina o anfitrión desea enviar una información a otro anfitrión necesita conocer su dirección física, para esto se hizo necesario diseñar un protocolo que pudiera asignar direcciones, este protocolo es conocido como Protocolo de Asociación de Direcciones (ARP) y funciona de la siguiente manera: cuando una estación X desea transmitir información hacia otra estación Y y solo cuenta con su dirección IP manda por difusión un paquete solicitando al anfitrión poseedor de dicha dirección que conteste con su dirección física, el paquete es recibido por todos los anfitriones pero únicamente el anfitrión que posee dicha dirección IP la reconoce y responde enviando una respuesta con su dirección física, con lo cual la estación X puede enviar de manera directa los paquetes a Y.

4.5 PROTOCOLO INVERSO DE RESOLUCIÓN DE DIRECCIONES (RARP)

Este protocolo permite que un anfitrión sin disco que no reconoce su propia dirección IP pueda solicitar ésta a un servidor RARP que es el único que puede responder a este tipo de solicitud.

4.6 PROTOCOLO DE MENSAJES DE CONTROL INTERNET (ICMP)

El protocolo de Mensajes de Control Internet (ICMP) permite que otros ruteadores envíen mensajes de error o de control hacia otros ruteadores o anfitriones, estos mensajes viajan a través de la red en la porción de datos de los datagramas IP, pero no es procesado por los programas de aplicación de la máquina destino sino por el software protocolo internet de la máquina en cuestión.

4.7 PROTOCOLO DE DATAGRAMA DE USUARIO (UDP)

Los protocolos UDP y TCP permiten la comunicación entre actividades (procesos) sobre máquinas distantes. Una actividad tal constituye el punto de entrada en un sistema. El UDP permite que una aplicación envíe mensajes a otra en modo datagrama no conectado, el UDP proporciona el mismo tipo de servicio que el protocolo IP por lo que no garantiza la llegada del mensaje, no existe ningún mecanismo de entrega ni de control de flujo por lo que los datagramas se pueden perder o llegar en desorden, no emplea acuses de recibo y los mensajes pueden ser enviados mas rápido de lo que el receptor pueda procesarlos. El UDP maneja puertos de protocolo con el fin de distinguir entre varios programas que se ejecutan en una misma máquina, es decir que cada mensaje contiene además de datos el número de puerto destino y el número de puerto origen con el fin de que el mensaje llegue al puerto correcto.

Los datagramas de usuario están formados por un encabezado UDP y un área de datos donde el encabezado está formado por 32 bits dividido a su vez en cuatro partes de 16 bits cada una donde los primeros 16 bits son utilizados para identificar el puerto de origen, los siguientes 16 bits identifican al puerto de destino, los siguientes 16 bits están formados por el campo de LONGITUD que especifica el número de octetos que conforman dicho datagrama incluyendo el encabezado y los datos del usuario. Los últimos 16 bits son

empleados para el campo de SUMA DE VERIFICACION que es opcional y garantiza que los datos lleguen intactos.

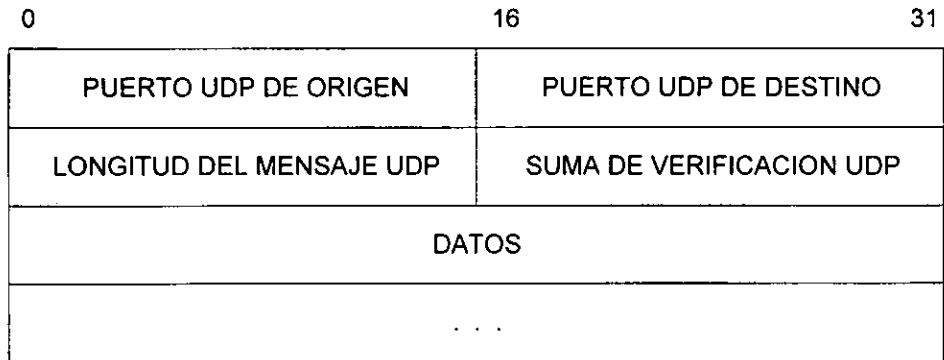


Figura 4.15. Formato de un datagrama UDP.

El UDP utiliza el IP para enviar y recibir datagramas, es decir que el datagrama UDP es encapsulado en un datagrama IP para viajar a través de una red entendiéndose por encapsular que al datagrama inicial el UDP anexa un encabezado, posteriormente, el IP anexa otro encabezado a los datos que recibió del UDP y finalmente, la capa de interfaz de red introduce el datagrama en una trama para poder enviarlo a través de la red hacia otra máquina.

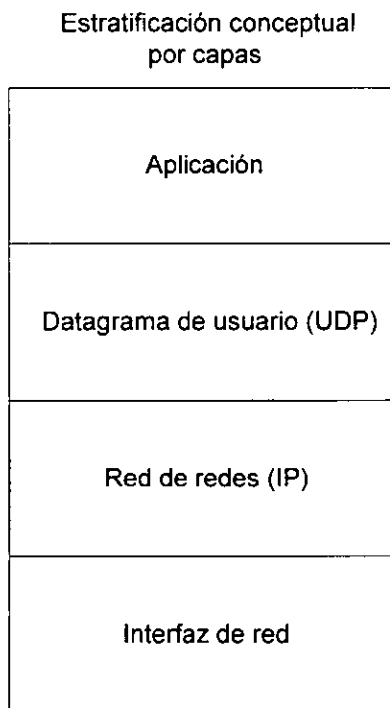


Figura 4.16. Estratificación conceptual por capas de UDP entre programas de aplicación e IP.

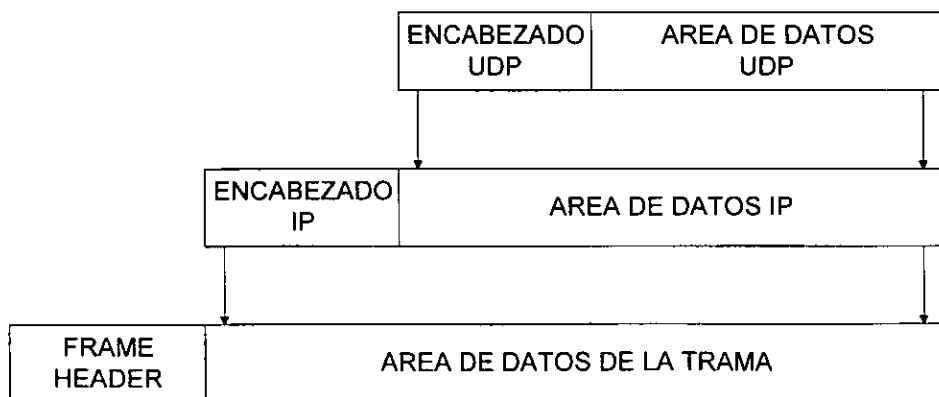


Figura 4.17. Datagrama UDP encapsulado en un datagrama IP para ser transmitido a través de una red, el datagrama es encapsulado en una trama cada vez que viaja a través de una red.

FALTA PAGINA

No. 113

CAPITULO 5

INTEGRACION DE UNA RED CORPORATIVA DE VOZ Y DATOS UTILIZANDO TCP/IP

5.1 REDES DE AREA LOCAL (LAN)

Una red de área local es un sistema de comunicación de datos el cual permite que un número de máquinas ó computadoras se comuniquen entre ellas. Las características principales que definen una red LAN son: abarcan una longitud de unos cuantos kilómetros (10 m. a 10 km.), su velocidad total de datos es de algunos Mbps (50 kbps a 50 Mbps) y pertenecen a una sola organización, sus áreas de aplicación son datos, voz y gráficos. Los sistemas de baja velocidad utilizan cable trenzado como medio de transmisión y su velocidad máxima entre nodos (como nodo se define a una máquina conectada a una red) es de 1.5 Mbps x Km. Los sistemas de velocidad media utilizan cable coaxial como medio de transmisión y su velocidad está comprendida entre 1.5 Mbps x Km. y 30 Mbps x Km. Los sistemas de velocidad alta emplean cable coaxial blindado a una velocidad de 30 Mbps x Km. a 2 Gbps x Km. Los tiempos de retardo en las redes LAN pueden ser cortos, desde unas cuantas decenas de milisegundos hasta 10 milisegundos.

Las máquinas que se conectan a una red comparten el mismo medio de comunicación, donde la comunicación de las máquinas o nodos de extremo a extremo se realiza a nivel de enlace (nivel 2 de OSI), éste nivel de enlace en las redes de área local se divide en dos subniveles: LLC (Control de enlace lógico) y MAC (Control de acceso al medio).

Control de acceso al medio (MAC)

El subnivel MAC es el encargado de entregar al subnivel de enlace lógico LLC un medio de comunicación propio, para esto se emplean métodos de acceso al medio donde los más usuales son el método de acceso por paso de testigo (token passing) para dispositivos de clase B y el método de acceso múltiple con detección de actividad y colisión (CSMA/CD Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect) utilizado por dispositivos de clase A.

Con el método de paso de testigo la estación o nodo que posea el testigo será la única que tendrá derecho a utilizar el medio momentáneamente, por lo que en cada momento solo una estación tendrá el testigo evitando de esta manera el problema de congestión en la red, el testigo va pasando secuencialmente de una estación a otra controlando el tiempo máximo de permanencia en un nodo de tal manera que todos los nodos puedan utilizar el medio.

En el método de acceso múltiple con detección de portadora y colisión las estaciones observan el medio cuando desean transmitir, si éste está siendo utilizado esperan a que se desocupe para transmitir su mensaje, pero si está libre inician la transmisión. Si otra estación inicia una transmisión al mismo tiempo se genera una colisión detectada por ambas estaciones, las cuales deberán esperar un tiempo aleatorio para intentar transmitir nuevamente su información, de esta manera evitan colisiones continuas.

Tipo de red	Topología	Medio de transmisión	Velocidad de transmisión
Ethernet	Bus o Estrella	Coaxial, Par trenzado, Fibra óptica	10 Mbps
Token Ring	Estrella (pero se comporta como un anillo)	Par trenzado sin protección y Fibra óptica	Mbps y 16 Mbps
Token Bus	Tanto Bus como Estrella	Coaxial, Par trenzado, Fibra óptica	2.5 Mbps

Tabla 5.1. Características principales de las redes LAN.

Control de enlace lógico (LLC)

El subnivel MAC entrega al nivel de enlace lógico LLC un medio propicio para la transmisión, independiente de la topología y tecnología del medio, el objetivo de este subnivel es el transferir al subnivel de enlace lógico de la estación destino la información libre de errores.

El equipo empleado para integrar, optimizar y desarrollar la interconexión de computadores en una red LAN son principalmente equipos repetidores y puentes.

Los Repetidores son empleados para unir cables y difundir señales eléctricas a través de éstos con el fin de tener una longitud de cable mayor, aunque la longitud total no aumenta significativamente con el uso de repetidores ya que solo se pueden colocar un máximo de dos repetidores entre dos máquinas. Los repetidores operan en la capa física regenerando señales de un medio de transmisión y retransmitiéndolas hacia otro y solo pueden interconectar redes que empleen protocolos MAC (Control de acceso al medio).

Otra forma de extender la redes LAN es mediante el uso de puentes, pero a diferencia de los repetidores, los puentes no introducen ruido y sólo aceptan tramas válidas, es decir que si se tiene una trama errónea el puente la rechaza. Utiliza el protocolo CSMA/CD por lo que se pueden interconectar un número (casi) arbitrario de redes. Los puentes operan en la capa 2 del modelo OSI, específicamente con el subnivel MAC.

5.2 REDES DE AREA METROPOLITANA (MAN)

Una red de área metropolitana es una red que cubre una ciudad entera utilizando la tecnología de redes LAN. El transporte de información se realiza a velocidades del orden de

100 Mbps empleando idealmente fibra óptica. Generalmente una MAN interconecta varias redes LAN.

5.3 REDES DE AREA AMPLIA (WAN)

Las redes WAN abarcan países enteros a velocidades bajas de 56 Kbps a 155 Mbps con tiempos de retraso mayores que van de unos cuantos milisegundos a varias decenas de segundos. A diferencia de las redes LAN que utilizan un canal de acceso múltiple para la transmisión de información, las redes WAN utilizan enlaces punto a punto, para ello emplean diferentes dispositivos como ruteadores, puentes y compuertas.

Un ruteador o router es una computadora dedicada que se conecta a dos o más redes y envía paquetes de una red a otra. Un ruteador IP envía datagramas IP entre las redes a las que está conectado, el ruteador utiliza las direcciones de destino en un datagrama para decidir el próximo salto al que enviará el datagrama, este dispositivo trabaja hasta la capa de red (nivel 3) del modelo OSI.

Un puente o bridge es una computadora que conecta dos o más redes y envía paquetes entre ellas, los puentes son diferentes a los repetidores ya que almacenan y envían paquetes completos a diferencia de los repetidores que envían todas las señales eléctricas. Mientras los ruteadores emplean direcciones IP los puentes emplean direcciones físicas, los puentes operan a nivel de red física.

Compuerta o gateway es un programa de aplicación que interconecta dos conjuntos de computadoras que emplean arquitecturas de comunicación diferente, es decir, traduce protocolos permitiendo a las redes que manejan diferentes protocolos comunicarse entre sí. Este programa opera en la capa 7 del modelo OSI.

5.4 REALIZACION DEL PROYECTO DE INTERCONEXION DE REDES

La finalidad del proyecto es proporcionar al grupo corporativo en cuestión la definición de la red corporativa para la interconexión de sus diferentes localidades en la transmisión de voz y datos.

Primeramente se mencionaran las localidades que conforman al corporativo y de la infraestructura con que ya cuentan de manera local. El corporativo tiene sus oficinas centrales en el Distrito Federal donde se lleva casi todo el control administrativo del corporativo, cuenta además con oficinas en el interior del la República en las ciudades de Guadalajara, Monterrey y Querétaro.

En el D.F. se utilizará una PC dedicada para instalar una tarjeta de interfaz de voz (VIC) digital la cual maneja un enlace digital T1 o E1 y es conectada a la interface de señal digital del PBX. El PBX en cuestión es un conmutador meridian 1 opción 11-C de la marca Northern Telecom. Se empleará también un Multiplexor Passport de la marca Northern Telecom para hacer más eficiente el ancho de banda de la señal, y para el ruteo se emplearán ruteadores de la marca Cisco.

En la ciudad de Guadalajara, Monterrey y Querétaro, donde el tráfico de información es menor se empleará también una PC dedicada, aunque solo se utilizarán tres tarjetas que nos entregan 6 canales, el conmutador es también de la marca Northern Telecom.

Para la transmisión de voz sobre IP se utilizará equipo de Nortel Micom, el hardware de Voz sobre IP de Micom fue diseñado para funcionar con una gran variedad de PBX (Private Branch Exchange) y sistemas telefónicos. Micom emplea lo que el ha llamado VIC's (Voice Interface Cards). Estas tarjetas fueron diseñadas como tarjetas de bus para PC, una vez instalada en la PC la tarjeta es conectada a el PBX ó sistema telefónico.

Voz sobre IP (V/IP) trabaja en ambiente Windows 95 o DOS, y puede trabajar también con una gran variedad de ambientes LAN como Ethernet y Token Ring.

Durante la instalación V/IP crea una compuerta o gateway de base de datos. El gateway digitaliza la voz encapsulando la información dentro de paquetes IP que pueden ser ruteados a través de una red de área amplia. El gateway está conformado por tarjetas y software que es instalado en PC's. La base de datos del directorio telefónico V/IP toma las direcciones IP de cada compuerta o gateway V/IP de la red. Cada gateway retiene una copia de la base de datos la cual es empleada durante cada llamada de la siguiente manera, la base de datos mapea el destino del número de gateway V/IP digitado por el usuario a la dirección IP del gateway destinado, entonces la base de datos mapea el número de la extensión digitada a un número de puerto UDP permitiendo al canal VIC emitir el ring de llamada.

VOZ SOBRE IP

Algunas características inherentes a las redes de datos y que tienen un efecto sobre el tráfico más susceptible como las comunicaciones telefónicas son: Retardo de paquetes, el jitter y la pérdida de paquetes.

Retardo de paquetes es el retardo total de extremo a extremo asociado con la velocidad de las redes sobre las cuales los paquetes viajan y también el retardo introducido por los sistemas de comunicaciones de datos que procesan los paquetes. Los retardos excesivos pueden hacer mas problemáticas las comunicaciones de voz.

El jitter describe la frecuencia variable de los paquetes que llegan al extremo receptor, éste es primordialmente causado por las velocidades de procesamiento variables sobre la red de datos, por ejemplo, a lo largo de la ruta de transmisión diferentes paquetes pueden encontrarse con ruteadores con cargas de tráfico variables en cualquier punto. El jitter provoca una inconsistencia en la voz.

La pérdida de paquetes es un problema fundamental que las redes de datos han sufrido desde sus comienzos, puede variar de acuerdo a las condiciones de la red causando corrupción de paquetes durante cargas de tráfico altas.

Voz sobre IP incorpora varias tecnologías nuevas de red que traen consigo un realce en la calidad de servicio a las aplicaciones de voz como son: RSVP (Reservation Protocol), el cual soporta anchos de banda para ruteadores WAN y ayuda a preservar la calidad de voz en redes propensas a saturación por repentino tráfico de datos. FEC (Forward Error Correction), FEC protege contra la pérdida de paquetes IP y reconstruye los paquetes de voz perdidos. Además voz sobre IP trabaja con una variedad de mecanismos de prioridad de paquetes IP que miden las largas colas y dan prioridad a algunas y a algunos tipos de tráfico.

RSVP (ReSerVation Protocol)

El protocolo RSVP es un mecanismo de señalización que puede ser empleado por la aplicación IP residente en la máquina final y también es un protocolo de petición de ancho de banda en una red IP. La fuente manda un mensaje PATH al equipo final haciendo una petición de reservación de ancho de banda para un flujo de paquete que esta por llegar, entonces el equipo final contesta con un mensaje RESV enviando éste mensaje a la máquina fuente y a los ruteadores intermedios los cuales reservan el ancho de banda para la llamada. Cada encabezado de paquete contiene información de flujo el cual es utilizado para identificar el paquete como parte de una corriente a la que se debe dar alta prioridad.

RSVP es un nuevo protocolo diseñado específicamente para dar realce a las aplicaciones de calidad de servicio. Básicamente RSVP permite aplicaciones como voz sobre IP para demandar dinámicamente ancho de banda en redes WAN de los ruteadores que soportan dicha red. El protocolo RSVP ayuda a preservar la calidad de la voz en redes propensas a la saturación por repentino tráfico de datos.

El ancho de banda requerido por cada canal es fundamental para entender cuantas llamadas se pueden establecer para la velocidad de cualquier enlace de comunicaciones dado. La calidad de voz en una llamada es mucho más susceptible que el tráfico de datos y es más fácil de percibir por los usuarios telefónicos que los retardos en tráfico de datos para los usuarios de redes de datos.

Tomando como ejemplo un canal de voz de 64 Kbps los siguientes pasos reducen efectivamente la utilización del ancho de banda.

1. Se reduce el canal de 64 Kbps a 8 Kbps.
2. El elevado tráfico de paquetes IP incrementa el ancho de banda de las redes WAN a 14.8 Kbps.
3. Removiendo el silencio en las conversaciones típicas se reduce el ancho de banda a aproximadamente 6 Kbps (basado en 60% de silencio en una conversación típica).
4. Si se toma en cuenta la consideración de que el teléfono solo es usado en un 25% del tiempo, el porcentaje de ancho de banda empleado sobre el curso de un día promedia solo 1.5 Kbps por línea.

Si utilizamos el protocolo FEC (Forward Error Correction) debido a que la red en cuestión no sea confiable, el ancho de banda empleado es ligeramente mas grande debido a muestras de voz redundantes que son adicionadas a cada paquete. El protocolo FEC protege la calidad de voz contra la pérdida de paquetes mediante la reconstrucción de paquetes de voz perdidos. Esto se lleva acabo mediante la adición de la mitad de la muestra de voz de un paquete al paquete anterior. Si el segundo paquete se pierde sobre la red IP, el primer paquete contiene la muestra de voz más pequeña del segundo paquete y utiliza esa muestra para recrearlo. Este protocolo también tiene una ventaja sobre el retardo de paquetes sobre la red que pueden ser considerados si el retardo es grande como una pérdida de paquete, así en lugar de esperar por un paquete con retardo, FEC puede reconstruir la información de voz sin pérdida de calidad.

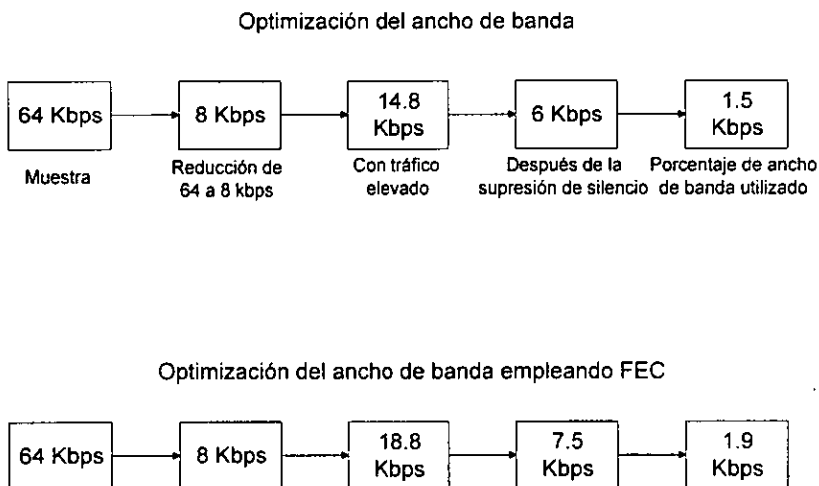


Figura 5.1. Optimización del ancho de banda.

Asignación de direcciones.

En esta red se hizo la distribución de direcciones de acuerdo a lo que solicito el cliente. Se pidió usar direcciones IP clase A Usando la RED 101.0.0.0, usamos el primer número para identificar la red, el segundo para identificar las sub-redes y los dos últimos números para identificar los hosts. la sub-mascara usada fue la 255.255.0.0

De lo anterior podemos definir el rango de direcciones que se pueden usar.

Dirección de Red	101	.	0	.	0	.	0		sub-Mascara	255.255.0.0
	Red		Sub-red		Hosts					

Tenemos números direcciones de red de 1 a 254 y de host desde 0.1 hasta 254.254

Las asignaciones de direcciones IP quedaron de la siguiente manera:

Nodo México

Dirección IP de la LAN :	101.105.254.254	255.255.0.0	
Dirección IP de la WAN :	101.101.254.254	255.255.0.0	
Para direcciones de Host Tenemos	Desde	101.105.0.1	255.255.0.0
	Hasta	101.105.254.254	255.255.0.0

Nodo Guadalajara

Dirección IP de la LAN :	101.104.254.254	255.255.0.0	
Dirección IP de la WAN :	101.101.254.253	255.255.0.0	
Para direcciones de Host Tenemos	Desde	101.104.0.1	255.255.0.0
	Hasta	101.104.254.254	255.255.0.0

Nodo Monterrey

Dirección IP de la LAN :	101.103.254.254	255.255.0.0	
Dirección IP de la WAN :	101.101.254.253	255.255.0.0	
Para direcciones de Host Tenemos	Desde	101.103.0.1	255.255.0.0
	Hasta	101.103.254.254	255.255.0.0

Nodo Querétaro

Dirección IP de la LAN : 101.102.254.254 255.255.0.0
Dirección IP de la WAN : 101.101.254.253 255.255.0.0
Para direcciones de Host Tenemos Desde 101.102.0.1 255.255.0.0
Hasta 101.102.254.254 255.255.0.0

Para hacer más sencilla la marcación telefónica hacia otro extremo de la red, el gateway V/IP mapea una serie de dígitos que son llamados códigos gateway hacia la dirección IP de el gateway IP remoto que contiene el número telefónico al cual se esta llamando. Como se dijo con anterioridad, esta información de mapeo es contenida en una base de datos llamada base de datos del directorio telefónico. Se debe designar un gateway V/IP para que sea el servidor de la base de datos del directorio telefónico de la red. Los otros gateways V/IP actualizan sus bases de datos desde el servidor a intervalos regulares como por ejemplo cada 24 horas. Así por ejemplo podemos asignar los siguientes códigos a la red:

Ciudad de México:

Código Gateway 500
Dirección IP 101.105.254.254

Guadalajara:

Código Gateway 400
Dirección IP 101.104.254.254

Monterrey:

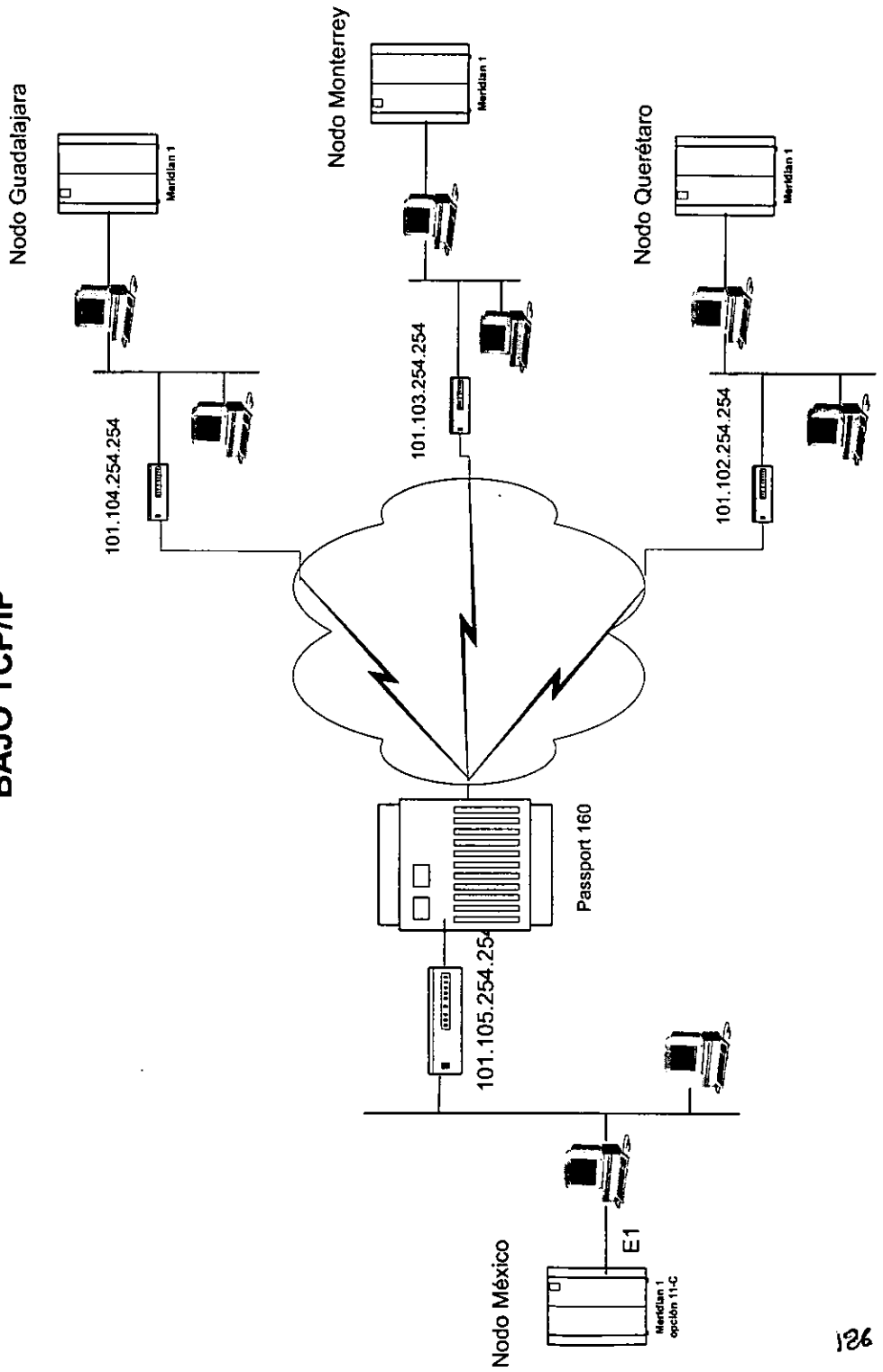
Código Gateway 300
Dirección IP 101.103.254.254

Querétaro:

Código Gateway 200
Dirección IP 101.102.254.254

Por lo que cuando se marca por ejemplo en el nodo de Guadalajara el código 200 el gateway V/IP mapeará el código 200 a la dirección IP 101.102.254.254 y realizará la conexión a alguno de los canales de Querétaro.

INTERCONEXION DE UNA RED DE VOZ Y DATOS BAJO TCP/IP



CONCLUSIONES

Actualmente la interconexión de redes se hace imprescindible ya que esta proporciona la posibilidad de intercambiar información aun cuando las redes estén situadas en diversos puntos de un país e incluso en diferentes lugares del mundo.

Debido a que en los últimos años la industria ha hecho extraordinarios progresos en el desarrollo de sistemas digitales integrados para la representación y transmisión de voz , datos y video, es posible hoy en día la interconexión de redes brindando múltiples servicios a través de un único punto de interconexión integrado y estandarizado utilizando para ello la ventaja de los avances logrados en transmisión digital, señalización y conmutación.

Como se ha visto a lo largo del desarrollo del presente trabajo la integración de redes de voz y datos se hace necesaria para el mejor aprovechamiento y utilización de los recursos con que se cuenta dando como resultado una reducción de costos y un aumento en la eficiencia y productividad de las actividades que se realizan en una institución o empresa.

Para llevar a cabo la interconexión de la red en cuestión se pensó en el protocolo TCP/IP cuyo objetivo es facilitar la intercomunicación de redes, éste protocolo puede conectar diferentes redes físicas ocultando las diferencias tecnológicas entre las redes por lo que la interconexión se hace posible independientemente del hardware empleado, proporcionando además una comunicación rápida y eficiente por lo que hace que esta tecnología sea una de las mas utilizadas mundialmente.

BIBLIOGRAFIA

Andrew S. Tanenbaum, Redes de ordenadores

Prentice Hall, 1996.

Wayne Tomasi, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas

Prentice Hall, 1996.

Douglas E. Comer, TCP/IP

Prentice Hall, 1996.

Uyless Black, Redes de Ordenadores

Addison-Wesley Iberoamericana, 1995.

F. G. Stremler, Introducción a los Sistemas de Comunicación

Addison-Wesley Iberoamericana, 1990.

Néstor González Sainz, Comunicaciones y redes de procesamiento de datos

Mc Graw Hill, 1989.

Mischa Schwartz, Transmisión de Información, Modulación y ruido

Mc Graw Hill, 1994.

Taub-Schilling, Principles of Communication Systems

Mc Graw Hill, 1986.