

94
2el.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGÓN**

**“TRASFERENCIA DE VOZ Y
DATOS EN REDES TELEFONICAS
DIGITALES”**

T E S I S P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO M E C A N I C O
E L E C T R I C I S T A
P R E S E N T A :
EFREN JESUS SALAZAR SOLANO

ASESOR: ING. DONACIANO JIMENEZ

ENEP ARAGON

MÉXICO, D. F.

1997.

**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

UNIDAD ACADÉMICA

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

En atención a la solicitud de fecha 16 de abril del año en curso, por la que se comunica que el alumno EFREN JESÚS SALAZAR SOLANO, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "TRANSFERENCIA DE VOZ Y DATOS EN REDES TELEFÓNICAS DIGITALES", 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, le reitero las seguridades de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 17 de abril de 1997
EL JEFE DE LA UNIDAD

~~LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS~~

cc p Asesor de Tesis.
cc p Interesado.

AIR'IIa.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DELEGACIÓN

EFREN JESÚS SALAZAR SOLANO
PRESENTE.

Hecha 7/3311-8

En contestación a su solicitud de fecha 5 de noviembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. DONACIANO JIMÉNEZ VÁZQUEZ pueda dirigirse al trabajo de Tesis denominado, "TRANSFERENCIA DE VOZ Y DATOS EN SISTEMAS TELEFONICAS DIGITALES", con fundamento en el punto 6 y 7 del artículo 18 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, 5 de noviembre de 1998
EL DIRECTOR

M en I CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO

- c c p Jefe de la Unidad Académica.
- c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- c c p Asesor de Tesis. ___

CCMC/AIR/la.



DEDICATORIAS

*A mi madre Adela Solano Vargas,
porque siempre me apoyó en seguir
adelante.*

*A mi padre Aureliano Salazar Montalvo
por su inmensurable ayuda.*

A mis hermanos por su apoyo.

TRANSFERENCIA DE VOZ Y DATOS

EN REDES

TELEFONICAS DIGITALES

1.- Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Telefonía Digital	6
2.- El Sistema Telefónico	8
2.1 Características del canal telefónico	8
2.1.1 Ancho de Banda	9
2.2 Tráfico	10
2.3 Señalización	13
2.3.1 Sistemas De Señalización	14
2.3.2 Clasificación Del Proceso De Señalización	14
2.3.2.1 Clasificación Funcional	15
2.3.2.2 Señalización Por CD	16
2.3.2.3 Señalización por CA	18
2.4 Plan de Switcheo	20
2.4.1 Marcación Telefónica	20
2.4.2 Sistemas de Switcheo	23
2.5 Líneas de transmisión	26
2.5.1 Parámetros Primarios.	29
2.5.2 Parámetros Secundarios	30
2.6 Multicanalización Telefónica	31
2.6.1 Multicanalización por División de Frecuencia (FDM)	31
3.- Conversión A/D de Canales Telefónicos	35
3.1 Sistema PCM	35
3.1.1 Muestreo y Retención.	35
3.1.2 Cuantización.	37
3.1.2.1 Compresión Expansión (Compansión).	40
3.1.2.1.1 Compansión Analógica.	41
3.1.2.1.2 Compansión Digital.	43

3.1.3 Codificación	45
3.2 Sistema DPCM	47
3.3 Modulación Delta (DM)	49
3.4 Sistema TDM	52
4.- Comunicación y Transferencia de Datos	55
4.1 Modulación Digital	55
4.1.1 Modulación FSK	57
4.1.2 Modulación PSK	60
4.1.2.1 BPSK	60
4.1.2.2 QPSK	64
4.1.2.3 8-PSK	68
4.1.2.4 16-PSK	68
4.2 Módems	69
4.2.1 Normas CCITT para Líneas Telefónicas	71
4.3 Señalización en Transmisión de Datos	71
4.3.1 Comunicaciones De Datos	72
4.3.2 Señalización	73
4.3.2.1 Sistemas De Señalización	74
4.3.2.2 Señalización Por Troncal (PTS)	75
4.3.2.3 Señalización Por Canal Común (CCS)	76
4.3.2.4 Formato de Señalización	80
4.4 Multicanalizadores para Voz y Datos	83
4.4.1 DACS	87
4.4.2 Multiplexores	91
4.4.2.1 Combinación de Multiplexores	92
4.4.2.2 Multiplexores Estadísticos e Inteligentes	93
4.4.2.3 Comparación de Multiplexores	95

5.- Redes Telefónicas Digitales	97
5.1 Introducción	97
5.1.1 Paridad	99
5.2 Protocolos de Acceso a Redes	102
5.3 Redes de Datos	107
5.3.1 Redes Conmutadas	108
5.3.1.1 Conmutación de Circuitos	108
5.3.1.2 Conmutación de Mensajes	109
5.3.1.3 Conmutación de Paquetes	109
5.3.2 Redes de Difusión	111
5.3.2.1 Radio Paquetes	112
5.3.2.2 Redes Locales	113
5.3.2.3 Redes Satelitales	113
5.3.3 Modelos de Arquitecturas	114
5.3.3.1 Modelo OSI	116
5.3.4 Recomendación X 21	120
5.3.5 Red Digital de Servicios Integrados	122
5.3.6 Situación de TELMEX	123
Conclusiones	125
Bibliografía	127

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Tomando como base la tecnología, los sistemas de comunicación telefónica han evolucionado desde fines del siglo pasado hasta la actualidad a través de tres etapas:

- i).- Manual
- ii).- Electromecánica
- iii).- Electrónica

Las centrales manuales estuvieron basadas en la tecnología de los conectores, manejados por un operador. En esta etapa , se realizo mucho esfuerzo en mejorar la confiabilidad de los aparatos básicos así como en modificar y entender el conmutador del operador para mejorar la eficiencia en el manejo. Además se desarrollaron las funciones de atención y de alerta para los operadores , apareció también el concepto de línea y troncales , el de batería común y el uso de dos alambres para la comunicación.

Las centrales electromecánicas se iniciaron con gran número de inventos de dispositivos para redes de conmutación. Los nombres de los dispositivos de la red dieron origen a los nombres de los sistemas. En esta etapa aparecieron dos funciones básicas del sistema:

Señalización y Control Automático. Cabe mencionar que el objetivo del primer sistema desarrollado en 1879 era el control remoto de un dispositivo de selección . La evolución de estos sistemas continuó, lográndose diseñar redes de comunicación en etapas, interconectadas por eslabones, de tal forma que se logro acceder a mas de 100 estaciones. el dispositivo principal de estas centrales es el relevador, el cual permitió implementar autómatas para el control, sirvió también como memoria, trayendo como consecuencia avances y mejoras en la confiabilidad.

En la actualidad se cuenta con centrales electromecánicas muy confiables y de gran complejidad. Con la aparición del tubo de vacío, surge la era electrónica, en la que se han sucedido una serie de invenciones, logradas en lapsos cada vez más cortos, y entre los que cabe mencionar el transistor y los circuitos integrados. A partir de tales dispositivos, se han diseñado aparatos de gran complejidad y precisión, entre los que se cuenta la computadora.

La computadora ha evolucionado en forma tal que en la actualidad en la casi totalidad de áreas de la administración, la ciencia y la tecnología es indispensable su uso.

En lo que respecta a la telefonía, se vio que la introducción de la computadora como medio de costo, traía beneficios tanto al administrador como al usuario por lo que se procedió diseñar y construir una central controlada por programa almacenado.

Con el advenimiento de los microprocesadores y los costos decrecientes de los componentes básicos como son las memorias, se ha visto que es factible realizar el control de centrales telefónicas pequeñas por medio de los mismos.

Hoy en día efectuar una llamada telefónica es tan común para cualquier usuario de este sistema de comunicación que, no se repara en el complejo proceso que se lleva a cabo, cada vez que se cueiga o se descuelga el teléfono.

El aparato telefónico es el instrumento por medio del cual una persona comúnmente en el campo de la telefonía llamada *abonado A*, se puede comunicar con otra persona llamada *abonado B*.

Básicamente consta de dos partes un transmisor y un receptor . Sin embargo para que haya una transmisión transparente de los mensajes, los aparatos telefónicos cuentan con circuitos de control, lo que resulta más complejo.

El principio básico es el siguiente :

La voz del abonado transmisor (*A*) se convierte en impulsos eléctricos por medio de un micrófono, los cuales viajan a través de cables hasta el receptor donde se encuentre al abonado *B* y ahí los impulsos eléctricos vuelven a ser convertidos en sonido a través del receptor auricular logrando así la comunicación deseada.

El sistema básico consiste en un disco dactilar que genera impulsos de corriente, los cuales sirven para identificar al número del abonado al que se quiere llamar. De aquí se deduce que cada aparato telefónico tiene asignado un número especial con el cual se identificara para poder efectuar una comunicación.

Los pulsos de corriente así generados son procesados por el control central para conectar al abonado que llama con el aparato al que se desea comunicar.

Se ha desarrollado un sistema de marcado conocido como " touch tone" el cual consiste en generar dos tonos de distintas frecuencias, cada vez que se pulse el botón.

Dichos tonos están escandalizados y son únicos para identificar cada uno de los diez dígitos y dos teclas especiales.

La central telefónica es la parte modular en la comunicación de dos o más abonados, pues en ella se gestionan todas las señales que se requieren para tal efecto. Estas centrales se dividen de acuerdo al tráfico que manejan en :

Centrales Locales.- Aquellas que manejan tráfico sin requerir de una central automática de larga distancia

Centrales Tándem .- Son las que manejan tráfico entre centrales que justifiquen vía indirecta.

Centrales Mixtas .- Aquellas que cumplan con las funciones de una central local o una Tándem simultáneamente.

Centrales Internacionales.- Forman parte de la red telefónica internacional y se encargan del tráfico de un país hacia los demás.

Centrales Interurbanas .- Son las que manejan el tráfico de tránsito generado por las centrales locales , llamados también centrales automáticas de larga distancia.

La anterior clasificación corresponde a lo que es la red pública, que es toda una infraestructura en la actual transmisión de voz , datos, y hasta imágenes. En una institución se requiere haya comunicación entre los distintos departamentos o áreas, y sería además de incomodo, muy costoso el tener una línea de la red pública para cada uno de esos tentativos abonados. De ahí surge la necesidad de una central independiente de la red pública, que pueda concertar enlaces telefónicos internos, es decir la necesidad de un sistema telefónico privado, Los sistemas telefónicos privados no solo tramitan las comunicaciones con los abonados conectados a la red pública.

En vista de que las líneas de enlace, las líneas centrales , entre una instalación privada y la red publica son empleadas por un gran número de extensiones, se advierte un mayor rendimiento de las mismas.

Estos sistemas reciben el nombre de centrales automáticas privadas (PABX, Private Branch Exchange), siendo su principio de operación similar al de la red publica.

En las PABX las llamadas internas se efectúan en forma automática , sin embargo, las llamadas que provienen de la red publica se tramitan a través de una operadora, las razones de esto son:

Cuando la llamada de la central urbana con cierta comunicación con la PABX, la señal que llega a esta se vería falta de los dígitos necesarios para alcanzar la extensión requerida.

Sería poco práctico incluir las extensiones de todas las empresas y mantenerlo al día ya que los sistemas privados sufren cambios constantes.

Una central automática privada debe por lo menos cumplir con los siguientes requisitos de tráfico:

- 1.- Tráfico interno completamente automático.
- 2.- Tráfico de salida sobre las líneas centrales completamente automático.
- 3.- Tráfico de llegada sobre las líneas centrales distribuido por una operadora.
- 4.- Tráfico sobre líneas centrales excluido para ciertas extensiones.
- 5.- Medios para llamadas de información durante una comunicación sobre línea central.
- 6.- Transferencia de llamadas sobre una línea central o extensión no excluida.
- 7.- Conexión de líneas centrales para servicio nocturno.

1.2 TELEFONÍA DIGITAL

La tecnología existente en la actualidad y el uso de materiales como fibra óptica han dado paso a la llamada telefonía digital, que consiste en transmitir la voz en forma de pulsos binarios y establecer los enlaces por medio de equipo perteneciente también a la tendencia digital.

Los aparatos telefónicos digitales emplean convertidores A/D y D/A para convertir la voz a pulsos y viceversa. Este tipo de aparatos no se encuentran en uso todavía porque las líneas de transmisión analógicas deben ser remplazadas por líneas de transmisión digitales, lo que se tiene en uso son aparatos telefónicos *Híbridos* porque pueden operar con líneas tanto analógicas como digitales.

La telefonía digital tiene alcances mucho mas allá de la sola transmisión de voz, ya que se pretende brindar cientos de servicios mas por el mismo canal de comunicación, estos servicios son el resultado de un proyecto que se esta elaborando actualmente. El proyecto recibe el nombre de *Red Digital de Servicios Integrados (ISDN)* y algunos de los muchos servicios que brinda son videotex , teletex. Facsímil, telemetría , etc.

El Videotext es un acceso interactivo a bases de datos remotas para una persona con una terminal, el Teletext es esencialmente una forma de correo electrónico para uso domestico de pequeños negocios. Algunos de estos servicios se encuentran en operación.

La RDSI pretende integrar todos los servicios utilizando el mismo canal de comunicación.

1998-1999

CAPITULO II

EL SISTEMA TELEFÓNICO

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL CANAL TELEFÓNICO

En un sistema de transmisión telefónica multicanal, la señal que se transporta por el medio de transmisión es muy compleja, y puede estar compuesta por una variedad de señales de datos, telegrafía, de radiodifusión, sonora, fax, telemetría y de señalización. Tal variedad y cantidad de señales se agrupan para formar la señal multicanal, o, banda base, por medio de varias técnicas de agrupamiento, estas técnicas de agrupamiento son denominadas técnicas de multicanalización, existen dos formas de multicanalización, una es denominada *Multicanalización por División de Tiempo* (TDM) y la otra *Multicanalización por División de Frecuencia* (FDM), ambas técnicas son desarrolladas por separado, por las características de el presente trabajo.

Como la mayor parte de las señales agrupadas son conversaciones telefónicas, el módulo básico de transmisión es denominado canal telefónico, las señales que no son una conversación, se procesan de manera que ocupen uno o varios módulos básicos y puedan transmitirse sin problemas, por un sistema diseñado para las señales telefónicas.

En este capítulo se analiza la señal telefónica multicanal, partiendo de la señal producida por una conversación telefónica, seguida por la técnica de multicanalización

En un canal telefónico se puede transmitir generalmente :

- 1.- Señales de conversación telefónica.
- 2.- Señales de datos.
- 3.- Señales de telemetría.
- 4.- Señales de fax.
- 5.- Señalizaciones a frecuencia de voz

2.1.1 ANCHO DE BANDA

la característica más importante de un canal telefónico es el ancho de banda que ocupa, este debe ser lo suficientemente amplio para que la conversación telefónica pase claramente, es decir, el canal telefónico debe pasar los componentes de frecuencia de una señal de voz que permitan que la voz se escuche inteligible y, que la voz que se escuche sea una réplica razonable de la original.

En varias ocasiones se han realizado estudios para determinar la ancho de banda necesario del canal telefónico y actualmente el consenso universal, normalizado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) menciona que el canal telefónico debe emplear una banda entre 300 y 3400 Hz (recomendación G232 del CCITT), que se considera un compromiso óptimo entre economía y calidad de transmisión, véase la figura 2.1.

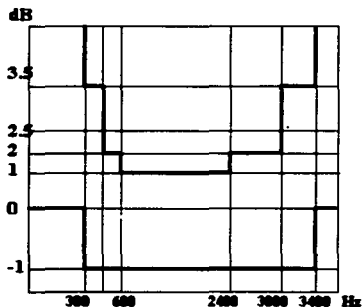


Figura 2.1 Característica Amplitud - Frecuencia del Canal Telefónico

2.2 TRÁFICO

Se considera que un canal telefónico está activo cuando se encuentra realmente transmitiendo palabras de conversaciones telefónicas normalmente llevadas, incluidas las pausas cortas entre palabras y entre sílabas. Así el canal se considera ocupado, cuando no está disponible para utilizarse en una nueva llamada, es decir, hay momentos en que un canal ocupado no está activo, por ejemplo cuando se escucha al corresponsal, cuando se están pasando señales para completar una llamada y durante pausas en la conversación y, desde luego cuando el canal está libre.

Si se considera un canal telefónico cualquiera, de un sistema multicanal, durante la hora de mayor tráfico (Hora Ocupada), lo más probable es que, en un canal ocupado la mitad del tiempo hable una persona y el otro escuche. Esto da como resultado 50 % de la actividad del canal.

El tráfico telefónico puede definirse como la cantidad de llamadas que se cursan por un grupo de circuitos, tomando en consideración su duración y su número, por ejemplo, una llamada de una hora representa más tráfico que cuatro llamadas con duración de 10 minutos cada una. Ahora bien si por ejemplo un grupo de circuitos generara un número de llamadas con duración de unos minutos cada una, durante un periodo de una hora, el flujo de tráfico será como se expresa en la ecuación 2.1.

$$\text{Flujo de Tráfico} = \text{Num. de Llamadas} \times \text{Duración Promedio} \quad (2.1)$$

[Llamadas - min]

Esto expresado en llamadas - hora es lo que se conoce como *Intensidad de Tráfico*, esto esta expresado en la ecuación 2.2.

$$\text{Intensidad de Tráfico} = \text{Flujo de Tráfico} / 60 \quad (2.2)$$

[Llamadas - hora]

La intensidad de tráfico representa el número promedio de llamadas simultáneas, durante determinado periodo de tiempo que, generalmente es una hora.

La unidad internacional de intensidad de tráfico telefónico se conoce como *Erlang*, una definición de esta unidad es :

“Un Erlang es la intensidad de tráfico de un circuito u órgano de conexión o grupo de circuitos y órganos en los que el tiempo de observación coincide con el tiempo de

ocupación entendiéndose por tal, la suma de los tiempos parciales de ocupación del circuito o los circuitos que se consideren”.

Así la intensidad de tráfico expresado en Erlang representa el número promedio de llamadas simultáneas durante un período de una hora.

En la teoría de tráfico se maneja también el concepto de utilización o eficiencia de la troncal, esto es expresado en la ecuación 2.3.

$$\text{Eficiencia}(E) = \frac{\text{Erlangs}}{\text{No. Circuitos}} (100) \quad (2.3)$$

Esta ecuación representa la eficiencia, es decir, la proporción de la hora durante la cual se encuentra en uso dicha troncal.

Para la determinación cuantitativa de las facilidades telefónicas necesarias para satisfacer los requerimientos del usuario, es de suma importancia conocer la naturaleza del tráfico, o sea, de las variaciones que este presenta durante periodos de un año, un mes, una semana, o de un día, es decir que tipos de centrales presentaron mayor o menor cantidad de tráfico, dependiendo del tipo de localidad rural o urbana, si es zona comercial, residencial, turística, agrícola, industrial, etc.

A más de que en cada una de estas zonas presentan diferentes variaciones de volúmenes de tráfico, dependiendo la hora del día, la temporada del año, el día de la semana, etc. Generalmente dichas fluctuaciones siguen un patrón definido dentro de la misma central, aunque este puede afectarse con la ocurrencia de sucesos extraordinarios.

Aún cuando el tráfico originado en cualquier momento es significativo, el interés principal es cuando se tengan las horas más ocupadas, es decir, que el sistema está dimensionado en base al tráfico originado en la hora pico. Se llama hora pico u hora cargada, al período de 60 minutos consecutivos de máximo tráfico. este periodo es

importante determinarlo ya que el número de circuitos de un sistema será el mínimo requerido para cursar la gran parte de las llamadas originadas en esta hora y solamente un pequeño porcentaje se pierda o quede en la cola de espera.

Según la recomendación del CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía) la hora pico se determina haciendo mediciones durante varios días en periodos idénticos de 15 minutos, luego se suman los periodos idénticos y se dividen entre el número de días en que se tomaron las muestras, resultando así valores promedio de tráfico, luego se busca la combinación de 4 periodos sucesivos de 15 minutos que sumen el mayor número de llamadas, siendo esta la hora pico cargada.

En ocasiones el tráfico no se distribuye de manera uniforme a lo largo del día, aunque este tiempo puede ser muy variado por mediciones han mostrado que la distribución del tiempo de duración llamadas sigue el patrón exponencial, La duración de 1 a 3 minutos es la más frecuente, mientras que conversaciones de 10 o más minutos casi no ocurren.

2.3 SEÑALIZACIÓN

La señalización telefónica (S.T .) es el proceso de generación y manejo de la información que involucra una llamada telefónica. Su función es establecer y mantener conexiones, y dado el caso desconexiones, entre los sistemas telefónicos, así como también informar al usuario las condiciones de la línea y el progreso de su llamada.

Entre otras palabras, la señalización telefónica es la parte moderadora del sistema telefónico. A manera de ejemplo y partiendo del caso supuesto de una ruta saturada , se puede establecer la comunicación mediante rutas alternas, para lo cual será necesario manejar la información siguiendo determinados pasos lógicos.

2.3.1 SISTEMAS DE SEÑALIZACION

Existe una amplia variedad de sistemas de señalización telefónica , incluidas en las señales de diferentes maneras, estas a continuación se enlistan.

- 1.- Duración de pulsos.
- 2.- Combinación de pulsos.
- 3.- Frecuencia de la señal.
- 4.- Combinación de señales de frecuencia diferente.
- 5.- Presencia o ausencia de tono.
- 6.- En un código binario.
- 7.- En la dirección o nivel de la corriente eléctrica.

2.3.2 CLASIFICACION DEL PROCESO DE SEÑALIZACION

Existe una clasificación de el proceso de señalización y esta se encuentra en función del lugar donde se realiza.

- 1.- INTERNA.- Es aquella que se da dentro de una central telefónica, es decir la información que se maneja dentro de la central para efecto de su funcionamiento. Se realiza siempre a CD.
- 2.- EXTERNA.- Es aquella que se da fuera de una central telefónica, o sea la que se transmite o recibe de los abonados (usuarios), o entre las centrales, un ejemplo de este caso es el timbrado, el tono de ocupado, el tono de invitación a marcar, este puede ser de CA o CD.

Un ejemplo de este tipo de señalización se observa en la figura 2.2.

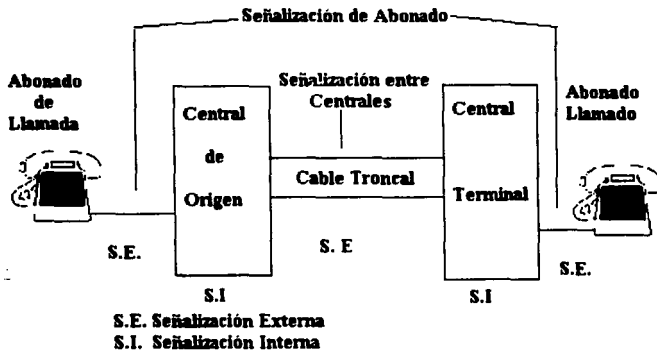


Figura 2.2 Dos Tipos de Señalización.

2.3.2.1 CLASIFICACION FUNCIONAL

Este tipo de clasificación es la más empleada y esta se clasifica de la siguiente manera :

- 1.- De Información .- Es aquella que se manifiesta al usuario en forma audible o visible, como por ejemplo el tono de invitación a marca, el tono ocupado, encendido y apagado de los indicadores en los puestos de servicio, etc.

- 2.- De Supervisión .- Este indica el estado general del sistema. Este es el caso de señalización entre centrales, este no involucra al usuario.
- 3.- De Dirección .- Es el encargado del correcto enrutamiento de los enlaces telefónicos. Este tampoco involucra al usuario.

Generalmente a la señalización de supervisión y de dirección se les conoce, entre centrales telefónicas, como señalización de línea y de registro respectivamente. En estas ultimas se concentran los enlaces telefónicos rurales.

2.3.2.2 SEÑALIZACION POR CD

Dentro de la señalización a CD se tienen dos casos principales :

- 1.- Señalización E/M. (Ear & Mouth)- E/M fue desarrollado como una alternativa a la señalización de Lazo. Como la red telefónica tiende a expandirse fue necesario interconectar switches a el tronco de la larga distancia. Este tipo es el de mayor uso entre centrales, para su aplicación se requiere una interface con el conmutador, este es mostrado en la figura 2.3. Se observa que el hilo E va hacia la interface, es por ello que se puede señalar simultáneamente en ambos sentido sin interferencia. Existen tres diferentes tipos de circuitos de señalización los cuales se mencionan en los párrafos siguientes.



Dirección		Condición Hacia A		Condición Hacia B	
Señal de A a B	Señal de B a A	Hilo M	Hilo E	Hilo M	Hilo E
Colgado	Colgado	Tierra	Abierto	Tierra	Abierto
Descolgado	Descolgado	Batería	Abierto	Tierra	Tierra
Colgado	Descolgado	Tierra	Tierra	Batería	Abierto
Descolgado	Descolgado	Batería	Tierra	Batería	Tierra

Figura 2.3 Señalización E/M.

Tipo I.- Este tipo de señalización es usado con el nuevo sistema denominado DMS 100 (Digital Multiplex Switching System). La transferencia de información de el circuito de señalización a el tronco del circuito es dado usando un relevador de pulsos.

Tipo II.- (Interface) Este proceso de señalización es usado primeramente con un equipo de switcheo llamado interface, esta señalización esta dado por dos puntas (4 Hilos), este arreglo permite el uso de dispositivos llamados repetidor de enlace de pulso, el cual es empleado para

incrementar la capacidad en la señalización de el equipo de switcheo.

Tipo III.- Consiste en un enlace parcial de 4 Hilos.

- 2.- **Señalización por intervención de batería** .- Este tipo trabaja el simple principio de asignarles un estado a cierta polaridad y otra a la polaridad contraria. Desafortunadamente la señalización por CD deja de ser efectiva al aumentar la distancia del enlace y aunque se le pueden hacer mejoras, estas implican un incremento en el costo del sistema, por este motivo se tiende a utilizar la técnica de señalización por CA.

2.3.2.3 SEÑALIZACION POR CA

Este tipo de señalización es aplicable a las funciones de supervisión y dirección y se clasifican en tres grupos :

- 1.- **De Baja Frecuencia.**- Es característico para los sistemas que operan debajo de los 300 Hz, típicamente a los 50, 80, 135, ó 200 Hz, pero se limitan a pares de alambres y la distorsión es acumulativa a medida que aumente la distancia, lo que limita la extensión de los circuitos entre 80 y 100 Km., y solo se permite un máximo de 2 repetidores.
- 2.- **Señalización en Banda** .- Este grupo se subdivide en señalización monofrecuente y multifrecuente. En cada caso la señal consta de 1,2 ó más frecuencias compartidas en el rango de 2000 a 3000 Hz, debido a que aquí la concentración de la energía de la voz es baja.

- a).- Las señales de banda monofrecuente se utiliza casi exclusivamente para supervisión empleando generalmente una frecuencia de 2600 Hz. Cuando se presenta el caso de troncales de un par de hilos se emplean frecuencias de 2600 Hz en un sentido y 2400 en el otro.

- b).- La señalización multifrecuente es aquella que utiliza un par de tonos diferentes y se aplica tanto para señalización de línea como para señalización de dirección.

Es probable que la voz llegue a simular tonos monofrecuentes o multifrecuentes y active o desactive dispositivos que interfieran una comunicación telefónica. Con el afán de minimizar estos efectos se han diseñado dispositivos detectores de tonos de señalización de tal forma que se activen con un tiempo determinado de reconocimiento, el cual es poco probable que sea mantenido por algún efecto de voz, logrando mejores resultados aquellos sistemas que utilizan la combinación de tonos.

3.- Señalización Fuera de Banda .- Este grupo corresponde a los sistemas de señalización monofrecuente y para funciones supervisoras. Una de sus principales ventajas es que no presentan caídas de llamada debido a que la supervisión es fuera de la banda de voz a través del canal, además de proporcionar una supervisión continua. Desgraciadamente, debido a que su ancho de banda se ha restringido para no interferir con el espectro de la voz humana ya que, aunado a esto, no puede rebasar los 4 KHz del ancho de banda correspondiente aun canal telefónico, este tipo de señalización es muy costoso para grandes distancias, además de ser muy lento. En términos generales, es más común emplear sistemas de señalización a CA, dentro de banda que fuera de banda.

2.4 PLAN DE SWITCHEO

El proceso de switcheo de el sistema telefónico es empleado para iniciar o terminar una llamada. Como se es sabido al "colgar" el teléfono no existe corriente que circule hacia el, de otro modo al "descolgar" el mismo, circulará una corriente de CD a través de el, y se tendrá el tono de invitación a marcar.

2.4.1 MARCACION TELEFONICA

Existen dos métodos de transmisión de inicio de llamada en el aparato telefónico, esto depende del tipo de teléfono empleado, uno es a través de pulsos y el otro de multifrecuencias (tonos).

Marcación por Pulsos.- Si se tiene un aparato con un discado, entonces este utiliza transmisión a través de pulsos, el marcaje por pulsos esta definido como el momento de *colgado - descolgado* del teléfono, esta condición crea una apertura y cierre de un número determinado de relevadores en la central telefónica, este método es empleado desde 1895 y todavía de emplea hasta la fecha en algunas centrales analógicas en el país ; por ejemplo si se marca la secuencia 2,3 entonces se tendrá 2 interrupciones en la corriente y tres interrupciones posteriores (véase la figura 2.4), entre el dígito 2 y el tres existe un retardo, el cual habilita la oficina central para reconocer la diferencia entre los dos dígitos marcados.

Esta técnica es empleada en el equipo de switcheo llamado paso a paso SXS (step by step). Los pulsos son identificados

por su longitud de intervalo, estas longitudes pueden variar según el diseño. Los pulsos de colgado y descolgado (están dados en porcentajes como por ejemplo el 60 % para colgado y 40 para descolgado). El período de pulsado es igual en un ciclo, la rapidez de del pulsado es el número de pulsos por segundo.

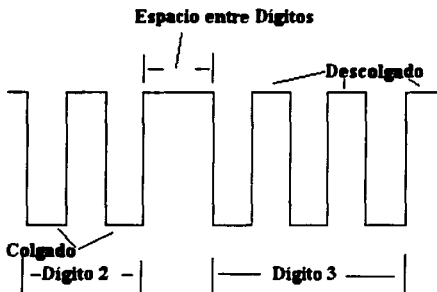


Figura 2.4 Pulsado Telefónico

Marcación por Multifrecuencias.- La transferencia de información digital sobre el sistema telefónico es normalmente dado por la combinación de dos de las 16 frecuencias en el ancho de la banda de frecuencia del mismo canal. La combinación de esas dos frecuencias

representa un dígito el cual puede ser reconocido por la oficina central, estas 16 frecuencias se componen de tonos altos y tonos bajos (8 y 8), estas frecuencias se pueden observar en la tabla 2.1. El método de marcación es a menudo usado con switches electrónicos. Al presionar estos dígitos se generan las dos señales de audio para la señalización por tonos (véase la figura 2.5). La diferencia entre los dos sistemas anteriores radica en la rapidez de la marcación y en el envío de la información, esto por supuesto se encuentra en la marcación por tonos (multifrecuencias).

Dígito	Frecuencia
1	669+1209 Hz
2	697+1336 Hz
3	697+1477 Hz
4	770+1209 Hz
5	770+1336 Hz
6	770+1477 Hz
7	852+1209 Hz
8	852+1336 Hz
9	852+1477 Hz
0	941+1336 Hz

Tabla 2.1 Frecuencias de los 10 Dígitos

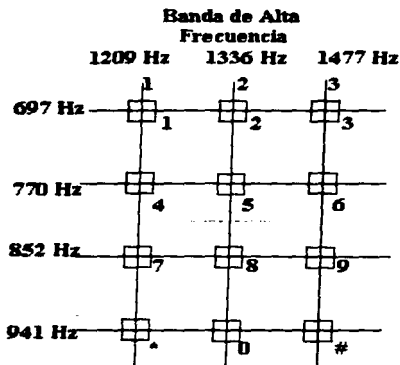


Figura 2.5 Generación de Tonos Multifrecuencias.

2.4.2 SISTEMAS DE SWITCHEO

Switcheo Manual .- Para el switcheo manual el par de alambres provenientes de el lado del suscriptor se insertan en el switch correspondiente al receptor, este es supervisado por un operador, este switcheo conecta dos teléfonos por medio de dos jacks. Este fue el sistema más simple de interconexión telefónica, y los demás sistemas fueron derivados de este principio.

Switcheo paso a paso (Step by Step).- Este sistema todavía se emplea en algunas centrales, también denominado de control directo. El usuario en este sistema "marca" el

número seleccionado paso por paso, el sistema de control esta compuesto por tres estados (figura 2.6) :

- 1.- Equipo de Línea.- Cuando el teléfono es levantado, esto se identifica en la central telefónica y es requerido el tono de marcar, entonces el selector primario es activado y este tono es enviado hacia el abonado.

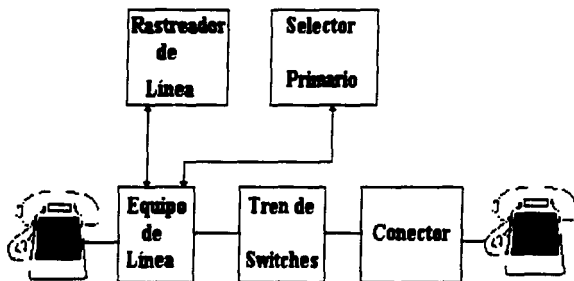


Figura 2.6 Sistema Paso a Paso.

- 2.- Tren de Switches.- Este consiste en un arreglo de selectores para operar en la secuencia de conexión del número marcado por el abonado, este conecta a su vez al conector del grupo del número deseado.

3.- Conectores.- Los conectores son switches que completan la conexión al número deseado.

Swicheo de control común.- Este sistema es el más empleado en sistemas analógicos, pues este opera siempre y cuando sea completada la operación de discado o marcado.

Swicheo Electrónico.- Los sistemas de swicheo electrónico representan un gran desarrollo en los avances tecnológicos de los sistemas telefónicos, estos sistemas son mucho más rápidos que los convencionales sistemas mecánicos, además de ser mucho más versátiles, los suscriptores pueden transferir llamadas a otro número telefónico con simplemente marcar un código especial y el número deseado.

También es posible tener más de dos teléfonos conectados en una conversación (conferencias), Esas opciones pueden ser sumadas gracias a la tecnología computacional en la que es basado este sistema, gracias a esto también pueden realizarse transferencia de datos.

Este sistema tiene 5 partes esenciales (figura 2.7), una sección de control central, para coordinar la operación del sistema. Una sección de memoria permanente para almacenar programas tales que permitan llamar con tonos (Frecuencias altas y Frecuencias bajas), y, una memoria temporal, Un sensor de línea el cual escanea la línea a cierta velocidad de repetición, para determinar cual está vacía o está ocupada. Y finalmente la red de swicheo.

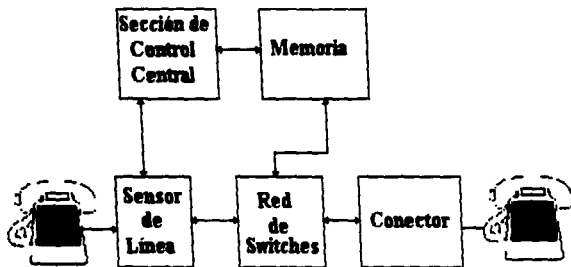


Figura 2.7 Sistema de Switchero Electrónico.

2.5 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Una línea de transmisión es un sistema conductor metálico que se utiliza para transferir energía eléctrica de un lugar a otro. Mas específicamente, una línea de transmisión son dos o mas conductores separados por un aislante como un par de cables o un sistema de par de hilos. Una línea de transmisión puede ser tan corta como unos cuantos centímetros o puede extenderse por varios kilómetros. Las líneas de transmisión se pueden utilizar para propagar CD o CA de baja frecuencia, también se pueden utilizar para propagar frecuencias muy altas. Al propagar las señales de baja frecuencia, es bastante simple y sencillo, demás de ser predecible el comportamiento de las mismas. Sin embargo

al propagar las señales de alta frecuencia las características se vuelven más complicadas y su comportamiento es poco peculiar.

Para la telefonía y otras formas de comunicación eléctrica, comúnmente se emplean dos tipos generales de medios de transmisión ellos son las líneas de transmisión y el espacio atmosférico. Entre las líneas de transmisión que más últimamente se han explotado y se explotan en la actualidad se encuentran entre ellas : La línea abierta , los cables múltiples y el cable coaxial ; aunque en nuestros días ha crecido el uso de la fibra óptica, la cual resuelve muchos problemas sobre todo en el envío de datos a altas velocidades. El espacio atmosférico , que también es empleado como medio de transmisión, aunque en el presente trabajo solo se mencionará en algunos casos.

Las líneas de transmisión pueden clasificarse generalmente como balanceadas o desbalanceadas, con líneas balanceadas de dos cables, ambos conductores llevan una corriente , un conductor lleva la señal y el otro es el regreso, este es el tipo de transmisión de línea diferencial o balanceada.

Una línea de transmisión desbalanceada, un cable se encuentra en el potencial de tierra, mientras que el otro cable se encuentra en el potencial de la señal, este tipo de transmisión el cable de tierra también puede servir como referencia hacia otros cables que también transmitan información. En estos casos se encuentra la línea abierta, pero debido a los altos costos de su instalación y la baja capacidad de comunicación, resulta obsoleta en nuestros días.

Los cables múltiples, formados por un conjunto de pares dentro de un tubo metálico, se construyeron para aumentar capacidad de las redes de comunicación. Debido a su cubierta de plomo y a que generalmente se instalan en forma subterránea, protegen a los circuitos de las interferencias eléctricas provenientes del exterior.

El cable par trenzado es trazado frecuentemente en unidades, estos se cubren con varios tipos de fundas. Los pares vecinos se trenzan con diferente inclinación (a lo largo de la trenza), para poder reducir la interferencia entre los demás pares debido a la inducción mutua . Las constantes primarias del cable de par trenzado son sus parámetros eléctricos (resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia), que están sujetas a variaciones con el ambiente físico como temperatura, humedad y tensión mecánica, y que dependen de las variaciones en la fabricación.

El cable coaxial cuya configuración física difiere bastante de los tipos anteriores, se emplea para la transmisión de grandes anchos de banda y sistemas de gran capacidad. El cable coaxial básico consiste de un conductor central rodeado por un conductor exterior concéntrico. A frecuencias de operación relativamente altas, el conductor coaxial externo proporciona una excelente protección contra la interferencia externa. Sin embargo, a frecuencias de operación bajas, el uso de protección no es costeable.

Esencialmente hay dos tipos de cables coaxiales :

- 1.- Líneas rígidas
- 2.- Líneas sólidas flexibles

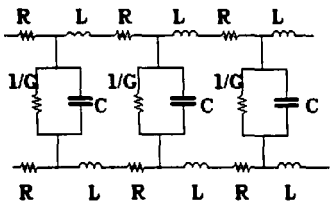
La Fibra Óptica tiende a ser la mejor alternativa para la transmisión de grandes volúmenes de información con un ancho de banda extenso, a bajo costo y con alta eficiencia, las fibras ópticas son filamentos largos y flexibles de pequeña sección transversal, formados por dieléctricos transparentes, como son el vidrio y el cuarzo. Son utilizadas para transmisión de datos, voz e imágenes, a través de una línea continua, con mayor rapidez.

Las señales que transmiten a través de las fibras no son eléctricas, se utilizan series de pulsos de luz de alta velocidad en los cuales se transporta la información codificada. Al

final del recorrido, los pulsos que se reciben se reconvierten en señales eléctricas para poderlas procesar en las microcomputadoras, terminales o cualquier receptor para este tipo de información.

2.5.1 PARÁMETROS PRIMARIOS

Las características de una línea de transmisión se determinan por sus propiedades eléctricas, como la conductancia en los cables y la constante dieléctrica del aislante y sus propiedades físicas, como el espaciamiento del conductor así como el diámetro del mismo.



C.- Capacitancia entre dos conductores separados por un aislante

R.- Resistencia

L.- Autoinductancia (Inductancia Propia)

$1/G$.- Resistencia de dispersión del dieléctrico

Figura 2.8 Circuito Equivalente Eléctrico de dos Líneas Paralelas.

Se conocen como parámetros primarios de una línea los valores de L , R , C , y G ; L es la inductancia distribuida de la línea, dada en Henrys por unidad de longitud, representa la inductancia interna y externa de el conductor, C es la capacitancia distribuida entre conductores de la línea, medido en Faradios por unidad de longitud; R es la resistencia distribuida de los conductores medido también en ohms por unidad de longitud, por último G es la conductancia distribuida, y se mide en mhos por unidad de longitud. La figura 2.8 muestra el equivalente eléctrico para una línea de transmisión de dos cables.

2.5.2 PARAMETROS SECUNDARIOS

Se conocen como parámetros secundarios de una línea de transmisión a la impedancia característica Z_0 y la constante de propagación γ . Una vez determinados los parámetros primarios de una línea de transmisión, se definen los parámetros secundarios, los cuales se expresan en las ecuaciones 2.4 Y 2.5.

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{y}} = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad 2.4$$

$$\gamma = \sqrt{zy} = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} \quad 2.5$$

La parte real de γ se conoce como constante de atenuación (α), las unidades están en *nepers* por unidad de longitud; y a la parte imaginaria, como constante de fase (β), sus unidades son *radianes* por unidad de longitud.

2.6 MULTICANALIZACIÓN TELEFONICA

Existen dos formas de Multicanalización de señales, una de ellas es exclusiva de las señales analógicas, y la otra de las señales digitales. La primera es denominada Multicanalización por División de Frecuencia (FDM), la segunda Multicanalización por División de Tiempo (TDM). Ambas tienen un funcionamiento específico que es el envío de varias señales, ya sea analógicas o digitales, por el mismo canal de comunicación.

En los sistemas de comunicación ambas son indispensables pues en el caso de las señales analógicas, todas las señales son enviadas por el mismo canal de comunicación con varias portadoras, y en las señales digitales todas son enviadas dentro de la misma ráfaga de información.

2.6.1 MULTICANALIZACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDM)

El sistema FDM tiene su principio en el envío de varias señales analógicas en un solo canal, esta información se encuentra espaciada dentro de un rango de frecuencia (Ancho de Banda), existen para este tipo de multicanalización varias señales moduladas, cada una con su respectiva portadora, además los tipos de modulación pueden ser distintos entre sí, es decir pueden existir combinaciones de las variantes de modulación (Es decir, DBL-PS, DBL, BLU, etc.).

Cada señal a multicanalizar deberá de contener entre cada una de ellas un espacio en frecuencia, este espacio es para evitar que las señales multicanalizadas entre sí se traslapen en el espectro en frecuencia, este intervalo no ocupado es denominado *Banda de Guarda*, en el sistema FDM es empleada la multicanalización telefónica.

En la figura 2.9 a) y b) se muestra la formación de un pregrupo, este es utilizado para multicanalizar tres canales telefónicos en un ancho de banda de 12 KHz, cada una de las señales tiene una banda de guarda de 700 Hz y 300 Hz en cada lado de la información, cabe señalar que se emplea al principio modulación AM-DBL, posteriormente a esta, la señal es pasada por un filtro supresor de banda (SBF), después, nuevamente es filtrada con un Filtro Pasa Altas (HPF), resultando al final una señal con modulación Banda Lateral Única Superior (BLU-S), véase la figura 2.9b).

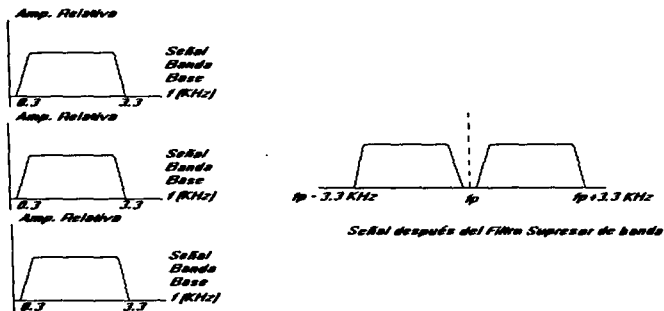


Figura 2.9 a) Formación de un Pregrupa en FDM telefónico

En la figura 2.9 b) se tiene la formación de el pregrupo, mostrándose las dos bandas de guarda entre canales telefónicos, de esta forma cada canal telefónico multicanalizado en FDM tendrá un ancho de banda total de 4 KHz por cada canal.

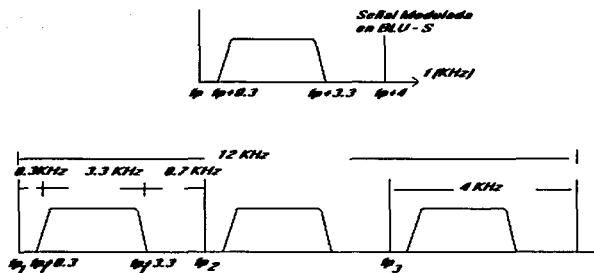


Figura 2.9 b) Formación de un Pregruppo en FDM telefónico

CAPITULO III

CONVERSIÓN A/D DE CANALES TELEFÓNICOS

3.1 SISTEMA PCM

El sistema PCM o Modulación de Pulsos Codificados, es una representación digital de una versión analógica, en esta es representado el mensaje por medio de un grupo codificado de pulsos digitales (amplitudes discretas), el proceso de codificación de este sistema comienza con el proceso de Muestreo, seguido de la cuantización ó cuantificación de las señales muestreadas y al final por el proceso de codificación. Estos procesos son desarrollados en los puntos posteriores.

3.1.1 MUESTREO Y RETENCIÓN

El primer paso a la digitalización de una señal analógica consiste en establecer valores discretos en el tiempo, durante los cuales la señal de entrada es *muestreada*, este proceso puede definirse como: tomar muestras de la señal analógica a intervalos regulares de tiempo, en este proceso es utilizado una señal tren de pulsos periódico, el periodo de este tren de impulsos depende de la frecuencia de muestreo de Nyquist, el cual menciona que la frecuencia de muestreo de una señal analógica es cuando menos el doble de el ancho de banda de la señal, matemáticamente es expresada como $f_c \geq 2AB$. Donde AB es el ancho de banda de la señal Banda Base, en este caso esta señal es el canal telefónico.

El proceso de muestreo también resulta ser la multiplicación de un tren de pulsos con una señal analógica, esto trae como consecuencia el desplazamiento de los espectros en frecuencia (convolución)

Para que una señal pueda ser muestreada, esta tendrá que ser pasada a través de un filtro pasa bajas el cual limitará el valor de las frecuencias de la señal analógica, por esta razón se denomina *Señal limitada en Banda*, esto es con el fin de que la señal sea limitada dentro de un rango de frecuencias y al ser muestreada no se traslapen en el espectro en frecuencia y la señal sea posible la recuperación a su forma original.

En la figura 3.1 se muestra el proceso de muestreo, en este es empleada una señal tren de pulsos periódico c , el cual tiene una frecuencia de periodo que es mayor que el especificado por Nyquist, en a) se tiene a la señal original, en b) se tiene a la señal muestreada.

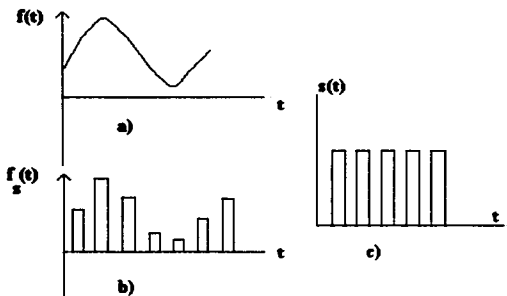


Figura 3.1 Proceso de Muestreo

El proceso de retención consiste en mantener el valor de la muestra a un valor constante, a menudo las señales analógicas contienen valores de voltaje ascendente, descendente ó continuo, esta señal al ser muestreada, los valores mencionados quedan dentro de la muestra del tren de pulsos, para facilitar el siguiente paso, que es el proceso denominado *Cuantización* ó

Cuantificación, si el valor contenido por la muestra se conservara así como se encontrara , entonces implicaría un error en la asignación de el valor cuantificado, por esta razón el valor muestreado deberá de mantenerse retenido dentro de la muestra misma, con este proceso resulta minimizado el error que se tendría al cuantificar. En la figura 3.1 se tiene en b) a la señal muestreada y retenida.

3.1.2 CUANTIFICACIÓN.

La Cuantificación de señales muestreadas es el proceso en el que se asignan los valores a las muestras de la señal, esta asignación es al valor discreto predominante cercano, esto es, cada valor muestra se compara con una escala de valores previamente determinados (estos son llamados *Niveles de Cuantización*), y se les asigna el valor más próximo al intervalo en que la muestra este situada.

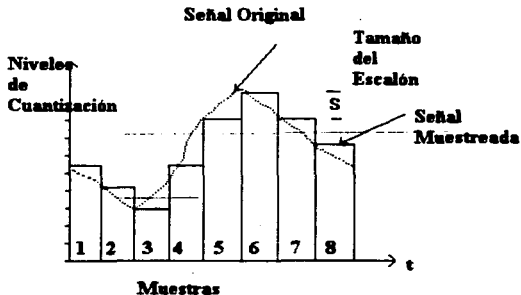


Figura 3.2 Una señal cuantizada.

El proceso de Cuantificación tiene como resultado inevitable una pérdida de información, puesto que es imposible reconstruir la señal analógica original a partir de su versión cuantificada (véase la figura 3.2).

Algunas veces la señal muestreada queda por debajo de la señal cuantizada, pero también en otros casos se encuentra arriba de la misma. Estos errores que se producen por las diferencias entre la señal cuantizada y la señal original, son inevitables, esta diferencia entre las dos señales es llamado *Ruido de Cuantización*, este ruido de cuantización tiene un valor de aproximadamente un nivel, cuando es utilizado la cuantización lineal, la forma de onda característica del ruido de cuantización es una forma de onda diente de sierra en donde los valores positivos de este ruido son los valores que se encuentran arriba de el nivel de la señal cuantizada y los valores negativos son los que se encuentran debajo de la señal cuantizada, esta forma de onda se observa en la figura 3.3, en el proceso de digitalización de las señales de voz provenientes del canal telefónico, este ruido es prácticamente imperceptible por el auditor.

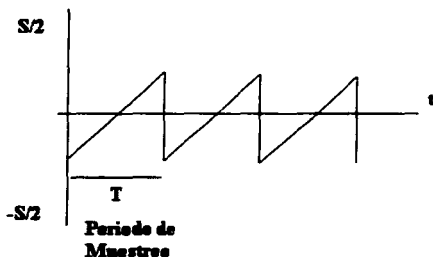
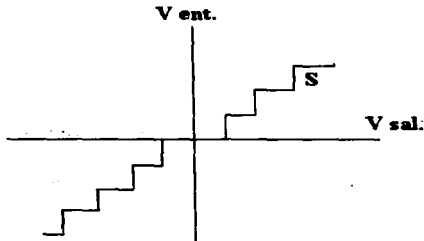


Figura 3.3 Forma de Onda del Ruido de Cuantización

Esta forma de onda procede de un tipo de cuantizador lineal cuya función de transferencia se observa en la figura 3.4, en ella se observa que la relación entrada/salida es lineal, esto es que el tamaño de el paso es igual a la altura del escalón (S) es simétrico, estos escalones tienen el tamaño de un nivel de cuantización y son quienes determinan el valor del ruido de cuantización.



3.1.2.1 COMPRESIÓN DE SEÑALES

Figura 3.4 Cuantizador Lineal

Para muchas clases de señales no existe un valor específico de amplitud, como es el caso de las señales telefónicas, este nivel de la señal puede, de hecho, variar de una forma aleatoria. El intervalo de variación de la voz puede ser de hasta 40 dB, desde el murmullo de una persona que habla suavemente hasta los gritos que puede proferir otra. Es evidente que para cubrir este intervalo dinámico debe usarse el espaciamiento no uniforme de niveles de cuantización, o, en otra forma la compresión de la señal, si esto no se pone en práctica y se emplean los niveles igualmente espaciados para cubrir todo el mayor espacio de la señal posible, las voces suaves no se transmitirán. El mismo problema se presenta, obviamente, en las señales digitalizadas cualquier versión analógica que se espera que cubran el intervalo dinámico.

Cuando las señales de los canales de voz, son muy bajas (el cual ocurre el 50 % de las veces, esta cuantización lineal no es suficiente para reducir el efecto del ruido de cuantización, en pocas palabras el ruido de cuantización es bajo para señales de nivel alto y es muy grande para señales con nivel bajo.

Los estándares telefónicos manejan un gran rango de señales con diferentes niveles debido a la aleatoriedad de la voz. Las distribuciones de amplitud de los niveles de voz ordinarios no tienen una distribución normal, estas adoptan una distribución exponencial, generalmente la probabilidad de que ocurra una amplitud muy alta en los niveles de voz es poca , y por lo tanto, no resulta ventajoso dividir el rango de los niveles de cuantización en intervalos iguales.

Para manejar este rango de niveles se utiliza un compresor logarítmico antes del cuantizador lineal, la función que realiza el compresor es cambiar la distribución de la magnitud de la señal para que la parte de bajo nivel resulte amplificada y la de alto nivel resulte comprimida.

3.1.2.1 COMPRESIÓN EXPANSIÓN (COMPANSIÓN)

Compansión es el proceso de comprimir, y después expandir , con los sistemas que emplean este sistema, las señales analógicas de amplitud mas alta se comprimen antes de su transmisión, posteriormente son expandidas en el receptor, y en las más bajas de amplitud se realiza el proceso invertido.

La compansión se puede lograr por medio de dos técnicas analógicas o digitales. Los primeros sistemas PCM utilizaban compansión analógica, mientras los más modernos emplean compansión digital.

3.1.2.1.1 Compansión Analógica

La figura 3.5 muestra el proceso básico de compansión analógico, en el transmisor, la señal analógica es comprimida, muestreada y después convertida a un código PCM lineal. En el receptor el código PCM es convertido a una señal PAM , filtrado, después expandido nuevamente a sus características de amplitud de entrada originales.

Diferentes distribuciones de señal requieren de diferentes caracteristica de compansión. Por ejemplo las señales de voz de los canales telefónicos requieren de una compresión logarítmica, para esto el sistema requiere de un verdadero código de asignación logarítmica, el cual requiere de un rango dinámico infinito y un número infinito de códigos PCM, esto resulta prácticamente imposible.

Hay dos métodos de compansión analógica que actualmente todavía son empleados, estos son llamados códigos *log-PCM*. Son denominados compansión de *ley- μ* y *ley-A*.

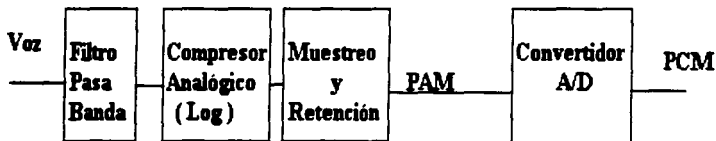


Figura 3.5 Compresor Analógico

Compansión Ley μ .

En E.U.A. es empleada este tipo de compansión, la característica sigue a la ecuación 3.1 .

$$V_{SALIDA} = \frac{V_{MAX} \times Ln(1 + \mu V_{ENT} / V_{MAX})}{Ln(1 + \mu)} \quad (3.1)$$

Donde :

V_{MAX} .- Máxima amplitud de entrada analógica

V_{ENT} .- Amplitud de la señal de entrada

μ -.- Parámetro que define la compresión

V_{SAL} .- Amplitud de la salida comprimida.

La figura 3.6 muestra la curva de compresión para varios valores de μ , en esta se observan varios valores de μ , y mientras haya mas compresión el valor de μ es mas alto, y para el valor de $\mu = 0$, la curva es completamente lineal (no existe compresión).

La transmisión de voz requiere un mínimo rango de dinámico de 40 dB, se requiere $\mu = 100$ ó valores mas altos. Los primeros sistemas de transmisión digital de Bell System, empleaban un código PCM de 7 bits con $\mu = 100$. Los más recientes utilizan códigos PCM de 8 bits y $\mu = 255$.

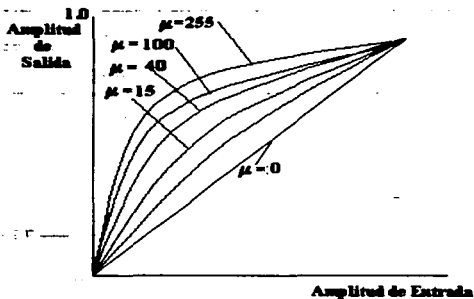


Figura 3.6 Curva Característica de Compresión Ley - μ

3.1.2.1.2 Compansión Digital

La compansión digital involucra la compresión, por el lado de transmisión, después de que la muestra de entrada ha sido convertida a un código PCM lineal, y la expansión, en el lado de recepción, antes de la decodificación PCM. La figura 3.7 muestra el diagrama a bloques de un sistema PCM empleando la compansión digital.

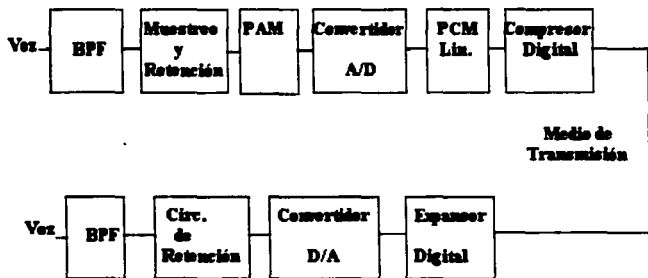


Figura 3.7 Sistema de Compansión Digital

Con la compansión digital, la señal analógica primero se muestrea y se convierte a un código lineal, después el código lineal se comprime de manera digital. Por el lado de recepción, se recibe el código PCM comprimido, se expande y después se decodifica. Los sistemas PCM comprimidos de manera digital, más recientes, utilizan un código lineal de 12 bits y un código comprimido de 8 bits. Este proceso de compansión se asemeja a la curva de compansión analógica $\mu = 255$, aproximando la curva con un conjunto de 8 segmentos de línea recta. La pendiente de cada línea recta es exactamente la mitad que el segmento previo, a manera de ejemplo, el primer segmento y el segundo (0,1) no tienen compansión, el tercer segmento la relación de compansión es de 2 a 1 y el último segmento (7) la razón de compansión es de 64 a 1.

3.1.3 CODIFICACIÓN.

Las muestras cuantizadas de la señal se codifican en grupos de dígitos o pulsos binarios (bits) de amplitud fija. El código binario es un caso particular de la codificación en los sistemas PCM .

En general cualquier muestra cuantizada de una señal puede codificarse por medio de un grupo de m pulsos, cada uno de los cuales tiene n posibles niveles de amplitud, estos m pulsos deben ser transmitidos en el mismo intervalo de tiempo. Como la información transportada por estos m pulsos equivale a la que llevan los M niveles, entonces el número posible de combinaciones de amplitudes de estos m pulsos debe ser igual a M , esta relación se representa en la ecuación 3.2.

$$M = n^m \quad (3.2)$$

donde

m .- Numero de bits

n .- niveles posibles de Amplitud

En el código binario $n = 2$ porque solo existen 2 niveles, por lo tanto el resultado da la ecuación 3.3.

$$M = 2^m \quad (3.3)$$

En datos experimentales se ha demostrado que son suficientes ocho bits para que las señales de voz sean entendibles, Las señales de voz provenientes de los canales telefónicos son codificadas con los mismos 8 bits mencionados, para el caso de las señales de vídeo son suficientes los mismos ocho bits para que la calidad de la señal reproducida sea equivalente a la reproducida en el formato analógico.

Con ocho bits por cada muestra se tendrán 256 niveles de cuantización disponibles para la señal analógica muestreada, esta relación de la ecuación 3.3, demuestra que el *Ruido de Cuantización*, que, anteriormente se mencionó que tenía un valor de un nivel de cuantización, entonces se tendrá un valor de *Ruido* muy pequeño, si se reduce este número de niveles, también se reduce el número de bits empleados por muestra, esto acarrea que el ruido de cuantización crece a medida que el número de bits disminuye.

Un sistema PCM completo se muestra en la figura 3.8, este sistema involucra los temas antes mencionados, estos a su vez se encuentran interrelacionados entre si, entonces la señal de salida contendrá los elementos variantes de cada uno de ellos.

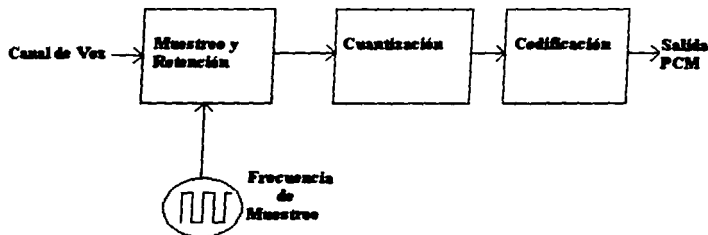


Figura 3.8 Un sistema PCM

Estas variantes son :

Para el Muestreo: *Muestras/segundo*

Para la Codificación *Bits/muestra*

El sistema resultante PCM estará dado por la ecuación , la salida estará expresada en términos de velocidad.

$$\frac{\text{Muestras}}{\text{segundo}} \times \frac{\text{bits}}{\text{Muestra}} = \frac{\text{bits}}{\text{segundo}} \quad 3.4$$

Para un canal telefónico, este se muestrea a una frecuencia de 8000 Hz y se codifica con 8 bits por muestra, esto da como resultado que un canal telefónico digital de voz resulta con una velocidad de 64000 bits por segundo en un sistema PCM.

3.2 SISTEMA DPCM

La modulación DPCM es un código predictivo esquemático el cual emplea la correlación entre muestras cercanas de la señal de entrada, para reducir la redundancia estadística. En PCM la cuantización y la codificación se realizan de manera casi instantánea, en DPCM una estimación de la próxima muestra se basa en la muestra anterior. Esta estimación es sustraída de la actual muestra, la diferencia de estas señales es el error de predicción el cual es cuantizado, codificado y transmitido a el codificador. El decodificador emplea la operación inversa, esto es, se reconstruye la señal original de los errores predecidos cuantizados.

Realmente los sistemas PCM empleados en los sistemas telefónicos emplean un código digital bastante largo, además de que la velocidad resultante a la salida del sistema resulta con un valor elevado. Existen otros sistemas PCM alternos con características lo bastante distintas para justificar una notación especial.

En la transmisión de mensajes que tienen valores de muestra repetidos, la transmisión repetida representa un desperdicio de capacidad de comunicación porque hay muy poco contenido de información en los valores repetidos. Una forma de superar esta

situación es enviar solo las diferencias entre valores de muestra sucesivos, codificados en forma digital, y de esta forma tener un ahorro en la secuencia de transmisión.

El Sistema DPCM (Differential Pulse Code Modulation) permite aprovechar las redundancias entre las muestras, de esta forma la transmisión de la diferencia de muestras, es codificada en secuencias cortas. En la Figura 3.9 es mostrado el diagrama a bloques de un modulador y el demodulador respectivo para este sistema. Aquí S_i es la secuencia de los valores de entrada de la muestra, X_i es la predicción, de esto el error esta dado por la diferencia entre S_i y X_i . Este error es cuantizado, codificado y transmitido

Entre las desventajas del sistema DPCM está el hecho de que si se comete un error, se mantiene una polaridad incorrecta hasta que esta se corrija, además estos sistemas adolecen de una posible sobrecarga debido a las operaciones de diferenciación y truncamiento.

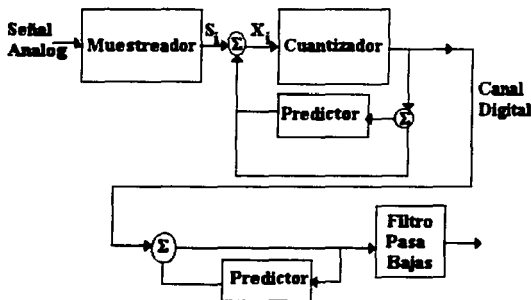


Figura 3.9 Sistema DPCM

3.3 MODULACIÓN DELTA (DM)

La modulación Delta es una técnica por la cual una señal analógica puede ser codificada dentro de dígitos binarios, este sistema tiene el mérito que la circuitería electrónica requerida para el transmisor y el modulador es substancialmente simple, además es casi eficiente como el PCM y por lo tanto requiere un ancho de banda similar. La modulación Delta es una versión del sistema diferencial PCM (DPCM).

Un sistema de modulación Delta se muestra en la figura 3.10, el esta el generador de pulsos provee regularmente un tren de pulsos de amplitud y polaridad fija, estos pulsos son una secuencia de impulsos.

El modulador recibe estos pulsos y también la señal $\Delta(t)$, la salida del modulador $P_0(t)$ es la entrada $P_i(t)$ multiplicado por +1 o por -1, dependiendo de la polaridad $\Delta(t)$, en este sistema no se afecta la amplitud de $P_i(t)$ si $\Delta(t)$ es positiva cuando $P_i(t)$ ocurre, la multiplicación será por +1 y si $\Delta(t)$ es negativa entonces será por -1.

La salida $P_0(t)$ es pasada a través de una red de realimentación hacia el circuito integrador y la forma de onda resultante consiste en una serie de escalones unitarios hacia arriba y hacia abajo. Esta señal llega hasta el amplificador diferenciador, aquí es donde se compara con la señal original y decide en base en dicha realimentación si la salida del pulso del modulador sería positivo ó negativo.

La salida del amplificador diferenciador $\Delta(t)$ decide que polaridad del pulso de salida sería del orden correcto para la diferencia entre los dos voltajes, el sistema de realimentación tiende a reducir la diferencia

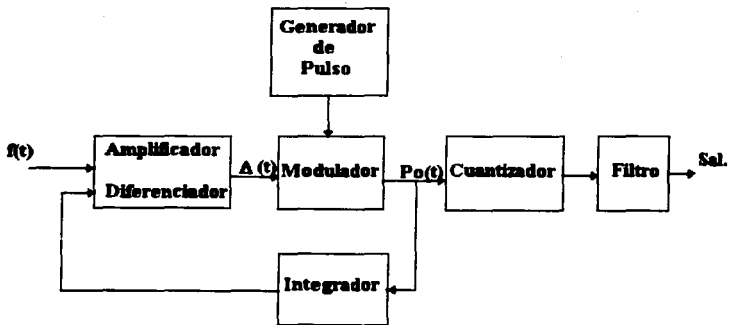


Figura 3.10 Modulador Delta (DM).

En la figura 3.11 muestra las formas de onda características de este sistema, en ella se muestra que, si la señal analógica asciende, el modulador delta entregará pulsos de polaridad positiva, si la señal analógica es constante, entonces DM entregará pulsos alternados (+1 y -1), de otro modo si la señal $f(t)$ desciende, la señal DM será de polaridad negativa, en la práctica, los pulsos negativos pueden ser omitidos sin resultar afectado la relación S/N.

A causa de que la señal DM es cuantizada en dos niveles, aparece el ruido de cuantización, similar al que aparece en PCM, este se presenta a la salida del receptor. Aunque últimamente se encuentran funcionando moduladores que emplean velocidades de muestreo muy superiores al que emplean los sistemas PCM convencionales, esto significa que la última velocidad de bits es superior a la originalmente esperada.

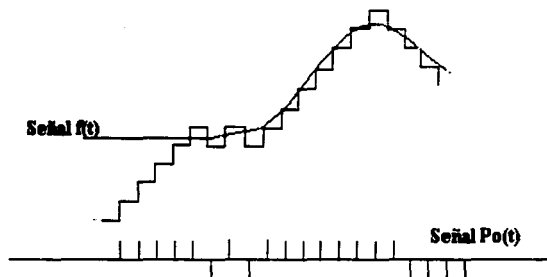


Figura 3.11 Formas de Onda en Modulación Delta.

Además del ruido de cuantización, se presenta otro tipo de ruido, este es llamado de sobrecarga o de pendiente y, este se presenta cuando los niveles de cuantización son muy pequeños para seguir la señal que varía rápidamente, el ruido de cuantización es el resultado de el muestreo que en algunos casos la muestra queda arriba o abajo de la curva real y también es proporcional al tamaño del escalón usado, por lo que el reducir el tamaño del escalón el ruido se reducirá, más sin embargo valores pequeños de escalón provocan el ruido de sobrecarga.

3.4 SISTEMA TDM MULTICANALIZACION POR DIVISIÓN DE TIEMPO

Ahora el sistema TDM es uno de los mas empleados en los sistemas de comunicación, esto es por la digitalización de casi todas las señales y la facilidad del manejo de las mismas. en este sistema son intercalados las diferentes señales digitalizadas en una trama o intervalo de tiempo, ahora el espacio en frecuencia llamado banda de guarda en el sistema FDM, es ahora denominado *Intervalo de Guarda*, cuya función principal será la de separar las diferentes secuencias binarias correspondientes de cada señal.

Existen en la práctica dos grandes clases de multicanalizadores, el primer grupo comprende los que combinan datos de baja velocidad, esto es utilizando formatos preestablecidos que van desde los 1200 bps hasta los 9600 bps dependiendo de la aplicación, en estos pueden ir intercalados secuencias de voz y datos en el mismo formato.

El otro gran grupo consiste en los multicanalizadores que tiene velocidades muy superiores a los 9600 bps y para ello se tienen dos jerarquías de transmisión digital, una de ellas es el Sistema ATT y el otro corresponde a la recomendación de CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía), estos dos grupos tienen su base en el sistema PCM antes descrito, donde cada canal telefónico es muestreado a una frecuencia de 8000 Hz y son empleados 8 bits/muestra, esto da como resultado una velocidad de 64000 bits/seg. a la salida de cada canal telefónico.

En la figura 3.12 se muestra la jerarquía ATT, en ella se observa que 24 canales telefónicos a 64 Kbits/seg. no suman en total 1.544 Mbits/seg, es decir la diferencia entre la suma total de los 24 canales y los 1.544 Mbits/seg corresponden a el intervalo de guarda entre cada canal telefónico multiplexado, de esta forma también en los grupos de orden superior existe entre ellos un intervalo de guarda para separación de los mismos canales telefónicos.

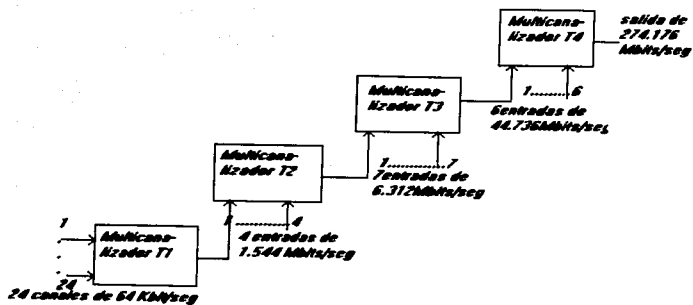


Figura 3.12 Multicanalización para la jerarquía ATT

CAPITULO IV

COMUNICACIÓN Y TRANSFERENCIA DE DATOS

DATOS E INFORMACIÓN

Los datos pueden representar hechos, conceptos o instrucciones de una manera formal, adecuada para la comunicación, interpretación o procesamiento por seres humanos o por medios automáticos, y la Información es el significado que se le da a los datos por medio de las convenciones aplicadas a estos.

Los datos pueden ser identificados, por ser descriptos, los datos no necesariamente representan algo físico en términos del mundo tangible, pero sobre todo los datos pueden ser y deben ser usados para producir información. La información nace cuando los datos son interpretados. El intercambio de información, pues, requiere acceso a los elementos y la habilidad para transmitirlos.

4.1 MODULACIÓN DIGITAL

Así como existen una multitud de técnicas de modulación para señales analógicas, también la información digital se puede imprimir sobre una onda portadora senoidal de varias maneras.

Las tres técnicas que se pueden emplear 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).

En nuestro caso no es empleada la modulación ASK para la transferencia de datos por medios de comunicación telefónicos, situación por la cual los *MODEMS* tampoco utilizan este esquema de modulación para los 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, esta 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 en 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, en vez de recibir un *uno* recibiremos un *cero*.

4.1.1 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.

Estos cambios de frecuencia 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 4.1.

El más simple sistema FSK es uno con una señal moduladora rectangular la cual tendrá un señal con dos simples ecuaciones como se muestra en la ecuación 4.1, 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 $\omega_s = \omega_p - \Delta\omega$.

$$\varphi_{FSK} = \begin{cases} A \cos \omega_m t \\ A \cos \omega_s t \end{cases} \quad 4.1$$

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 4.2.

$$\varphi_{FSK} = A \cos(\omega_p \pm \Delta\omega)t \quad 4.2$$

El espectro en frecuencias de la señal FSK se puede observar en la figura 4.2, 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.

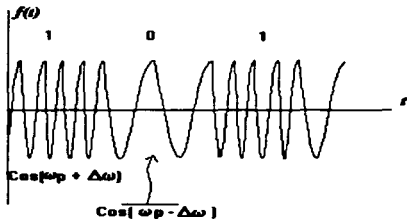


Figura 4.1 Forma de Onda FSK.

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 escalonada 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.

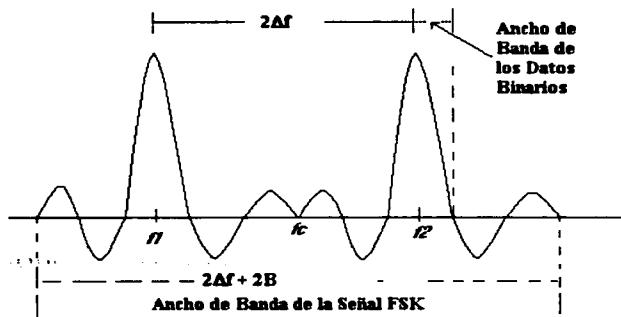


Figura 4.2 Espectro en Frecuencias de la señal FSK.

En modulación FSK, la velocidad de cambio a entrada de el 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 reciproco de el tiempo de señalización de un elemento de salida. En esencia, el baud es la velocidad de los símbolos por segundo.

4.1.2 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 u 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.

4.1.2.1 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 dese 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 ($M = 2$) serían 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 4.3.

$$m_1(t) = A \cos \omega_p t$$

$$m_2(t) = -A \cos \omega_p t$$
4.3

Estas señales pueden ser generadas por un sistema mostrado en la figura 4.3.

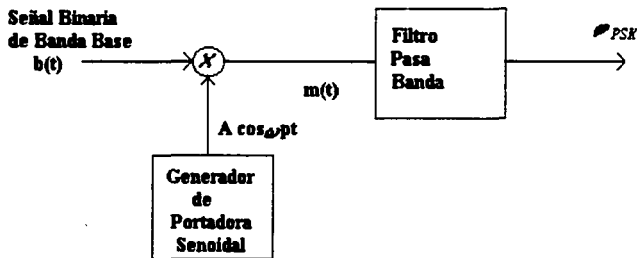


Figura 4.3 Modulador de Señales BPSK.

De esta figura $b(t)$ representa a la señal binaria con niveles $+1$ y -1 los cuales al ser modulados implicarían un cambio de fase de la portadora de 0° y 180° . 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 4.4.

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

4.4

En donde $\varphi(t)$ es 0° ó 180° , La forma de onda característica se muestra en la figura 4.4.

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.

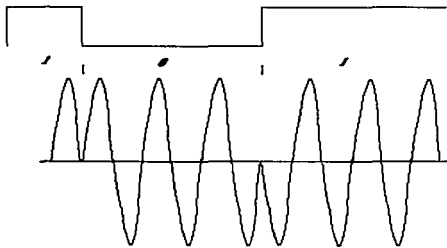


Figura 4.4 Forma de Onda de un modulador BPSK

Note que en la señal BPSK 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 síncrona, se podrá insertar la señal senoidal de frecuencia y fase exacta a la portadora transmitida.

En la figura 4.5 se muestra un diagrama a bloques de un receptor BPSK. La señal de entrada puede ser las ya antes mencionadas, 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.

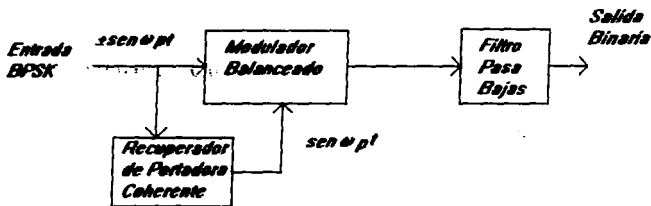


Figura 4.5 Demodulador de señales BPSK.

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.

4.1.2.2. 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 deberá 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.

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 (Período de la señal binaria de banda base),

En la figura 4.6 se muestra la representación de las cuatro fases correspondientes a este esquema de modulación. Esta gráfica es denominada *Constelaciones de señales QPSK*. El eje Horizontal es llamado *Eje en Fase* y el eje Vertical es llamado *Eje en Cuadratura*.

Esta representación gráfica de las señales QPSK, también se pueden graficar de tal forma que no exista defasamiento con respecto al eje en fase ($I(t)$) Estas cuatro señales tendrán un defasamiento entre ellas de los mismos 90° , esto da como resultado cuatro ecuaciones, las cuales se agrupan en la ecuación 4.5.

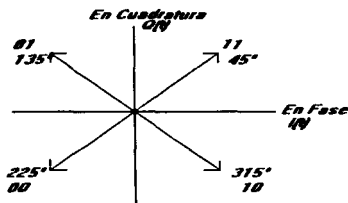


Figura 4.6 Representación gráfica de las cuatro fases PSK

Un diagrama a bloques de un modulador de señales QPSK es mostrado en la figura 4.7.

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

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 4.8.

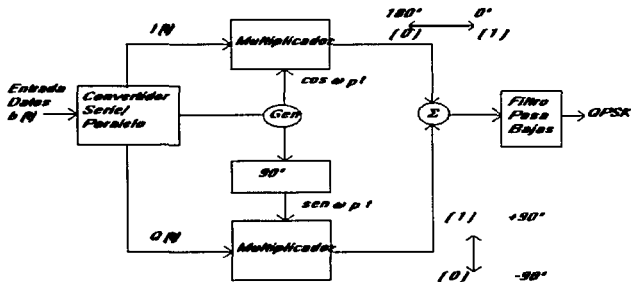


Figura 4.7 Modulador de Señales QPSK

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 4.8 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 simbolo 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.

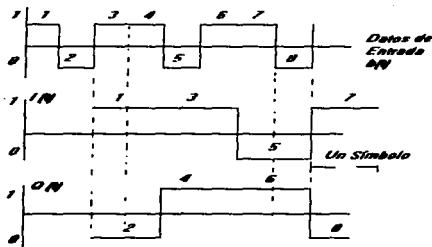


Figura 4.8 Conversión de la señal de entrada $b(t)$ en dos corrientes, $I(t)$ y $Q(t)$

4.1.2.3 MODULACION 8-PSK

La técnica 8-PSK se puede ver como una extensión de los sistemas QPSK. En este esquema de modulación la tasa de datos (velocidad) es dividida en tres corrientes binarias paralelas teniendo cada una de ellas $1/3$ de la velocidad de entrada. El conversor de nivel de 2 a 4 provee uno de los 4 niveles posibles de una señal de banda base.

Este sistema, así como el anterior reduce el ancho de banda de la señal binaria, en el caso anterior se mencionó que se comprime en una relación de 2×1 , en este caso se reduce aún más este ancho de banda, la relación de compresión del ancho de banda es de 3 a 1.

4.1.2.4 MODULACIÓN 16 - PSK

Este sistema de modulación también es conocido como Modulación por Amplitud en Cuadratura (QAM). Esta técnica involucra 2 señales separadas 90° en fase y modulada en Doble Banda Lateral Con Portadora Suprimida (DSBSC). Estas señales pueden interpretarse como de muchos niveles de modulación en amplitud aplicados independientemente a cada una de dos portadoras, que sería la de Cuadratura $Q(t)$ y la de Fase $I(t)$.

La señal original binaria es conmutada dentro de dos corrientes de símbolos binarios teniendo cada uno de ellos la mitad de la velocidad original. El diagrama de una de las posibles combinaciones de las constelaciones para los estados QAM se muestran en la figura 4.9, nótese que algunos estados tienen el mismo ángulo pero la magnitud es distinta.

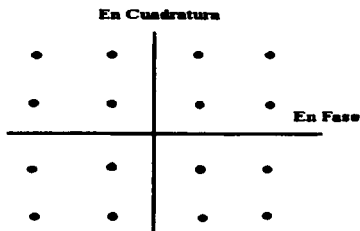


Figura 4.9 Constelación de Señales QAM

4.2 MÓDEMS (MODULADORES DEMODULADORES)

El Módem esta constituido por un sistema de Modulación digital y un sistema de Demodulación digital, este tipo de dispositivos pueden ser síncronos o asíncronos, así mismo pueden contener mecanismos para la detección y corrección de errores, cuando es necesario proporcionan la sincronía de la señal.

En ellos la señal binaria es modulada digitalmente con una portadora senoidal, de acuerdo al esquema de modulación empleado, este es normalizado a través de ciertas jerarquías internacionales, una de ellas CCITT y otra Bell System, aunque estos dos organismos han publicado sus propias normas, mencionando los esquemas de velocidad utilizado por cada norma, estos entre ellos no son compatibles

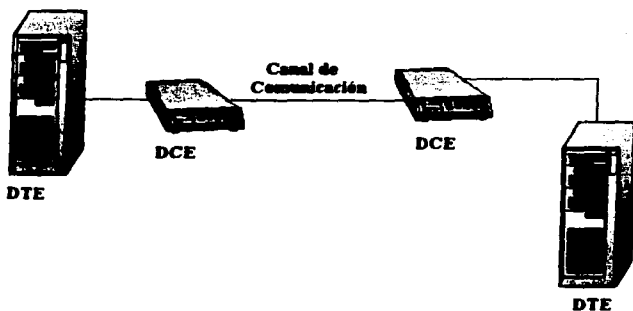


Figura 4.10 Sistema de Comunicación a través de Módems

En este tipo de dispositivos se puede transmitir datos sobre líneas telefónicas comunes, este proceso involucra cualesquiera de los dos esquemas mencionados con anterioridad (FSK y PSK), el módem puede actuar como DCE (Data Circuit Terminating Equipment) o como DTE (Data Terminal Equipment) según si este transmite o recibe la corriente modulada de datos, un proceso básico de transmisión de datos es mostrado en la figura 4.10. en este sistema uno funciona como DCE y el otro como DTE.

4.2.1 NORMAS CCITT PARA LÍNEAS TELEFONICAS

MODEM	VELOCIDAD	MODULACIÓN
V 21	300 bps	FSK
V 22	1200 bps	DBPSK
V 26	2400 bps	QPSK
V 26 bis	2400 / 1200 bps	QPSK
V 27	4800 bps	8-PSK
V 27 bis	4800 / 2400 bps	8-PSK / QPSK
V 27 ter	4800 / 2400 bps	8-PSK / QPSK
V 29	9600 bps	QAM
V 35	48000 bps	AM

4.3 SEÑALIZACION EN TRANSFERENCIA DE DATOS

El control de señalización para la operación de una red de transferencia de datos involucra desde los medios de transmisión, como son las mismas líneas, en el caso de las líneas telefónicas, así como el equipo empleado para la transferencia, este equipo deberá adecuar a la señal de datos para su transmisión sobre las líneas mencionadas.

4.3.1 COMUNICACIONES DE DATOS

Las comunicaciones de datos involucran los siguientes conceptos :

- 1.- Transmisión de datos
- 2.- Codificación de datos
- 3.- Técnicas digitales de comunicación de datos
- 4.- Control de enlace de datos.
- 5.- Multiplexaje

La transmisión de datos se lleva a cabo entre los puntos 3 y 4 de la figura 4.11, como se mencionó antes la señal recibida difiere un poco de la señal transmitida debido a las distorsiones o deterioro en la transmisión, este proceso se ve afectado por varios factores como el ruido y la atenuación. Estas distorsiones son en gran parte determinadas por la naturaleza del medio de transmisión utilizado.

La codificación de datos es el proceso de transformar los datos de entrada o señales en señales que puedan ser transmitidas. La técnica de codificación está ligada al método de transmisión de datos para optimizar su rendimiento, en este proceso ,el transmisor y el receptor deberán de coincidir en el proceso de codificación y decodificación de los mismos datos para que estos puedan ser entendibles para el usuario final.

Los conceptos de técnicas digitales de comunicación de datos y control de enlace de datos, pasan de la transmisión de señales de datos a verdaderas comunicaciones de datos. El objetivo de una comunicación es transferir datos desde el dispositivo de entrada hasta el de salida, con estos dos dispositivos cooperando para minimizar o eliminar el error y para coordinar sus acciones, requiere de algunas técnicas muy complejas para alcanzar estos objetivos.



- 1.- Información de entrada
- 2.- Datos de entrada o señal analógica (voz)
- 3.- Señal transmitida
- 4.- Señal recibida
- 5.- Datos de salida o señal analógica reconstruida
- 6.- Información de salida

Figura 4.11 Modelo de Transmisión de voz y Datos.

Finalmente, el multiplexaje se refiere a una variedad de técnicas utilizadas para hacer más eficiente el uso de una facilidad de transmisión. En muchos casos la capacidad de una facilidad de transmisión excede los requerimientos para la transferencia de datos entre los dispositivos. Esta capacidad puede ser compartida entre múltiples transmisores a través del multiplexaje de un número de señales en el mismo medio. En este caso, la ruta actual de transmisión es llamada circuito o enlace y la porción de capacidad dedicada a cada par Transmisor/Receptor se conoce como un canal.

4.3.2 SEÑALIZACION

El control de la señalización es necesario para la operación de una red de conmutación de circuitos. Entre las más importantes funciones de la señalización están :

1. Comunicación audible con el subscriptor incluyendo dial tone, ringing tone, etc.
2. Transmisión de los dígitos marcados a la oficina de conmutación
3. Transmisión de información entre conmutadores
4. Transmisión de una señal de ring
5. Transmisión de información usada para facturación
6. Transmisión de información del estado del equipo de la red
7. Transmisión de información usada para aislar fallas dentro de la red
8. Control de equipo especial tal como el de un canal satelital

4.3.2.1 SISTEMAS DE SEÑALIZACION

Existen varios sistemas de señalización, entre los que se pueden mencionar :

- 1.- La señalización es el medio por el cual se intercambia la comunicación.
- 2.- La señalización por troncal (PTS) es hecha usando el mismo canal de voz.
- 3.-La señalización por canal común (CCS) es usando un canal separado.

En el sistema CCS, la información es intercambiada entre sistemas de conmutación controlada por almacenamiento de programa (SPCS) que son a través de una red de enlaces de señalización. El sistema CCS separa la señalización de su ruta asociada colocando la señalización de uno o varios grupos de troncales de voz sobre una ruta separada dedicada solamente a señalización. La información de señalización es transmitida por medio de datos seriales binarios.

La señalización en la red telefónica es esencialmente digital para la línea y señalización de interregistros. El más avanzado sistema de intercambio de información de señalización en forma de mensajes es el sistema de señalización por canal común número siete (CCS7).

El CCS7 ha sido estandarizado por CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía). Hay dos tipos de señalización de canal común (CCS). El sistema europeo emplea el sistema CCITT No. 6, el sistema Norteamericano CCIS (Common Channel Interoffice Signaling). Otro sistema próximo a implementarse es el CCITT No. 7.

4.3.2.2 SEÑALIZACIÓN POR TRONCAL (PTS)

En la PTS, el mismo canal es usado para portar señales de control así como para transportar voz o datos a los cuales relaciona las señales de control, el principio de este sistema se puede observar en la figura 4.12.

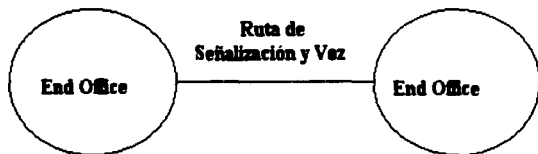


Figura 4.12 Señalización por Troncal (PTS)

4.3.2.3 SEÑALIZACION POR CANAL COMUN (CCS)

En CCS, las señales de control son portadas sobre rutas completamente independientes de la ruta del canal de voz o datos, esto puede observarse en la figura 4.13.

Este sistema ofrece una serie de ventajas de CCS sobre PTS son las siguientes :

- 1.- Establecimiento de la llamada más rápido
- 2.- Flexible a necesidades funcionales futuras
- 3.- Más confiable
- 4.- Eliminación de un medio potencial de fraude
- 5.- No existe ninguna interferencia entre el canal de voz y las señales de control

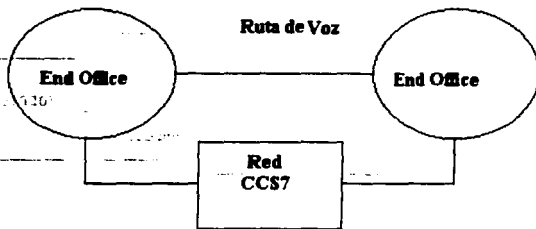


Figura 4.13 Señalización Por Canal Común

La figura 4.14 ilustra los componentes funcionales básicos de la señalización de canal común. Entonces dejando aparte las características de control de error , una línea de señalización de canal común consiste en un canal de frecuencia de voz (4 Hilos), dos terminales de señalización y dos módem .

Las terminales de señalización graban tanto la información de la señalización del proceso que espera entrar como la información de la señalización del proceso que aguarda para salir transmitida. Las terminales también llevan el control de error en el sistema CCIS.

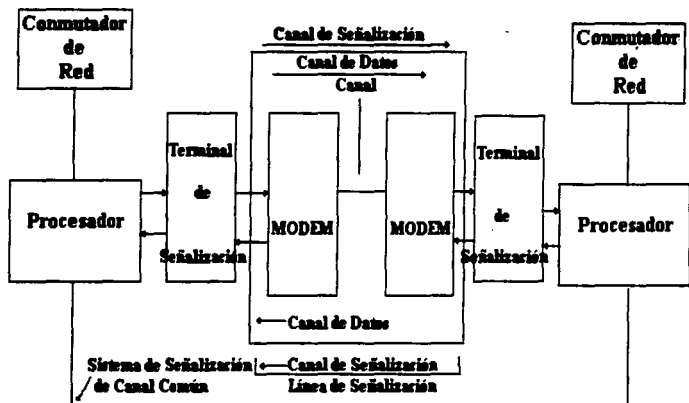


Figura 4.14 Componentes Funcionales Básicos del Sistema de Señalización Común

Con la señalización convencional la ruta de la señal y la ruta o canal de voz ocupan el mismo medio, si la señalización se efectúa, existe continuidad de la ruta de voz. Debido a que la señalización de canal común no pasa señalización sobre los troncales de voz que son puestos y supervisados, la continuidad de la ruta de llamada se deberá checar solo una vez mientras esta se restablece.

Esto se hace con transmisores/receptores de tono (*Tone Transceivers*), que son conectados al tiempo de checar la continuidad de la ruta. Con CCIS los transreceptores (*transceivers*) operan a 2010 Hz en troncales de 4 hilos. En troncales de dos hilos se transmite una frecuencia de 1780 Hz por el nodo fuente, y se regresa un tono de 2010 Hz por el nodo terminal. Cuando no se consigue la continuidad se realiza un segundo intento y la línea en falla se bloquea.

El modo de señalización CCIS se diseñó para operar con dos modos básicos de operación de señalización, y se conocen como asociado y no asociado. En el modo asociado un canal (o canales) de voz se separan para llevar información de señalización, y este canal es ruteado con los canales a los cuales señala.

Obsérvese en la figura 4.15 y compárese con la figura 4.16, en ellas se muestra el concepto de señalización no asociada completa, en la cual la información de señalización sigue una trayectoria completamente distinta de la ruta de voz que se controla.

Los puntos de transferencia de señal STP's (*Signal Transfer Point*) son usados en Norteamérica con la señalización no asociada. Un punto de transferencia de señal consiste de un procesador con terminales de señalización y módem de datos de ambos extremos. En efecto, un STP es un punto de transferencia de mensajes y datos ó puntos de switchco, si se quisiera.

El punto de transferencia de señal permite la concentración de señalización para un gran número de líneas y proporciona una mejora en los circuitos de seguridad al permitir alternativas para la ruta de señalización de CCIS.

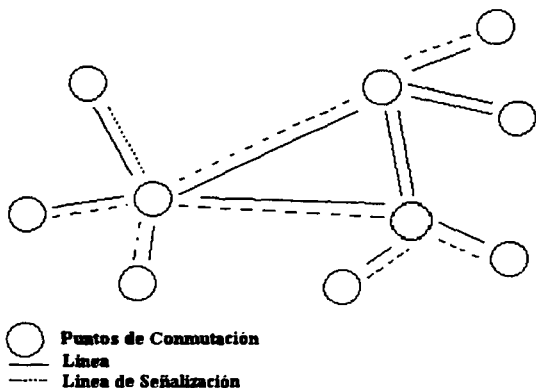


Figura 4.15 Modo de Señalización CCIS Asociado.

ESTA VEZ NO BEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

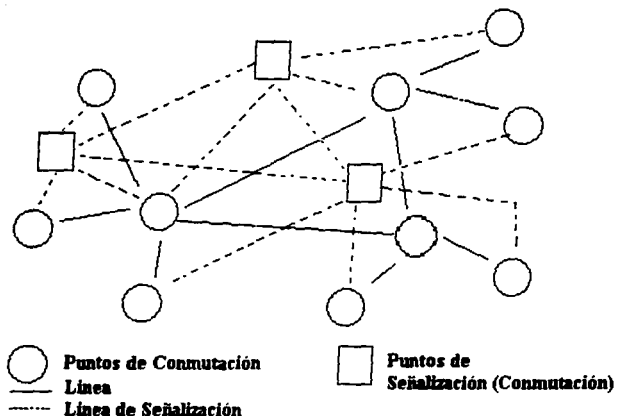


Figura 4.16 Modo de Señalización CCIS No Asociado.

4.3.2.4 FORMATO DE SEÑALIZACION

Los sistemas de Señalización CCIS y CCITT No. 6 llevan la información de señalización en un formato binario serial. La palabra básica en el sistema CCIS es la unidad de señal SU (Signal United). Una unidad de señal es de una longitud de 28 bits, con los últimos 8 bits usados para detección de error. De esta manera la información de señalización esta contenida en los primeros 20 bits de la palabra básica. Las unidades de señal son agrupadas en bloques de 12 para

su transmisión, de esta manera un bloque contiene 18×28 ó 336 bits. La última unidad de señal de cada bloque es la unidad de señal de reconocimiento ACK (Acknowledgement Signal Unit).

Los Mensajes de CCIS pueden tener una longitud de una o más unidades de señal. La longitud depende de la cantidad de información a enviar. Hay unidades de señal. La longitud depende de la cantidad de información a enviar. Hay unidades de mensaje sencillas, llamadas de unidades de señal única LSU (Lone Signal Unit), y mensajes multiunidad MUM's (Multiunit Messages). La LSU se usa generalmente para información de control específica, mientras las MUM's son usadas para información de dirección de paso. La figura 4.7 muestra el formato de una LSU y una MUM. Obsérvese la etiqueta de línea, la cual se usa para identificar la línea a utilizar. La etiqueta de línea se subdivide en dos campos :

- 1.- El número de banda, uno o más , el cual esta asociado con el grupo troncal y se usa para determinar el ruteo del mensaje en la señalización de la red.
- 2.- El número de troncal, el cual identifica una troncal específica, el número de etiquetas de troncal manejado por una línea nos da una medida de la capacidad de la línea CCS.

La MUM mostrada en la figura 4.17 tiene una unidad de señal inicial ISU y una unidad de señal subsecuente. La ISU tiene un único código de encabezamiento que lo identifica como el mensaje de inicio de un mensaje multiunidad. La ISU tiene entonces un indicador de longitud.

Las SSU's comienzan con dos campos de datos. El primero, un encabezado único, es usado para identificar la SSU. El segundo campo nos da la categoría del mensaje para identificar el tipo de MUM.

El campo de encabezamiento de tres bits nos da 8 diferentes combinaciones de 0's y 1's para identificar los grupos de señal, estas combinaciones se conocen como código.

Encabezado	Información	Banda No.	Troncal	Verificación
-------------------	--------------------	------------------	----------------	---------------------

ISU.- Unidad de Señal Inicial

Código ISU	Indicador Tipo ISU	Indicador de Longitud	Banda No.	Troncal	Verificación
-------------------	-------------------------------	----------------------------------	------------------	----------------	---------------------

SSU.- Unidad de Señal Subsecuente

Código SSU	Categoría de Mensaje	Información	Verificación
-------------------	---------------------------------	--------------------	---------------------

Figura 4.17 Formato de Mensajes de la Señales CCIS

Solo las primeras 11 SSU's de un bloque de mensajes de señalización llevan información de señalización. La doceava SSU del bloque es una unidad de señal de reconocimiento (ACU), la cual es codificada para indicar el número de bloques que han sido reconocidos y el número de bits, indicando cual de las 11 unidades de señal han sido reconocidas y recibidas sin error.

4.4 MULTICANALIZADORES DE VOZ Y DATOS

El termino multicanalizar, ya antes mencionado, en este capitulo se hace referencia a la comunicación de voz y datos, estos pueden ir en grupos de cadenas binarias para incrementar la eficiencia de los canales de comunicación digital, puesto que los sistemas actuales realizan este tipo de transferencia. Existen dos sistemas básicos de multicanalización , uno, el sistema europeo, el cual es, un sistema de 32 canales que fue desarrollado para codificar y multiplexar señales de voz, y otro el sistema de 24 canales usado en los Estados Unidos y otras ciudades de Norte América. Del sistema de 32 canales, 30 digitalizan señales de voz resultantes de entrada de líneas telefónicas, mientras que los otros dos canales son usados para proporcionar señalización y sincronización de información. Puesto que cada canal opera a 64 Kbps, lo que representa 8 bits usados por cada muestra a una velocidad de 8000 muestras por segundo, 64 Kbps por 32 canales resultan en una composición de velocidad de datos de 2.048 Mbps en un equivalente T1 Europeo, el cual es técnicamente referido como un canal G703/732.

En comparación con la estructura de la trama Norte América T1 y la estructura Europea G703/732, hay grandes diferencias entre ambas. El sistema norteamericano de 1.544 Mbps se deriva del uso de 24 canales, mientras que el sistema Europeo G703/732 usa 30 canales de voz más uno de separación para sincronización y uno de señalización, con cada canal operando a 64 Kbps para producir una velocidad de datos de 2.048 Mbps.

El sistema Norte Americano (T1) usa el bit 193 en cada trama para sincronización, mientras el sistema Europeo (E1) proporciona en forma separada un canal de 64 Kbps para esta función.

Finalmente el sistema T1 usa el octavo bit por cada seis tramas para señalización, mientras que el sistema E1 usa un canal en forma separada para esta función.

Debido a estas diferencias entre ambos sistemas, los multiplexores T1 diseñados para operar en Norte América, no es conveniente sus uso en Europa.

La tabla 4.1, muestra las principales diferencias entre ambos sistemas :

	T1	E1
Composición de datos	1.544 Mbits/seg.	2.048 Mbits/seg.
Número de canales	24	32
Capacidad de datos por canal	64 Kbits/seg.	64 Kbits/seg.
Sincronización	Por bit en trama	Canal 0
Señalización	Octavo bit en sexta trama	Canal 16

Tabla 4.1 Comparación Entre Sistemas T1 y E1

En Norte América la portadora T1 fue diseñada para soportar la transmisión de 24 canales de voz digitalizada.

Cada canal es muestreado 8000 veces por segundo y ocho bits son usados para representar la codificación de la onda analógica muestreada. Un bit de trama es sumado al multiplexaje digitalizado de datos para representar 24 PCM conversaciones codificadas de voz. Puesto que 8000 tramas son transmitidas cada segundo, la velocidad de transmisión es de 1.544 Mbps. La cual es la capacidad de operación de la portadora de Norte América T1.

En Europa la portadora T1 es comúnmente referida como E1, o como un sistema CEPT PCM-30, donde CEPT es un acrónimo de la "Conference of European Postal & Telecommunications", una organización de estándares Europea.

La composición de la trama de un E1 o sistema CEPT consiste de 32 canales de 8 bits cada uno, o 256 bits por trama.

Puesto que 8000 tramas por segundo son transmitidas, la capacidad de transmisión del sistema E1 es de 2.48 Mbps. La tabla 4.2 lista los niveles jerárquicos de portadora digital en Norteamérica y Europa.

NORTEAMERICA

Tipo de línea	Estándar señal	No. Circuitos de		Capacidad (Mbits/seg)
		Voz		
T1	DS1	24		1.544
T1C	DS1C	48		3.152
T2	DS2	96		6.312
T3	DS3	672		44.736
T4	DS4	4032		274.176
T5	DS5			
T6	DS6			

EUROPA

Número de Nivel	Sistema	No. Circuitos de		Capacidad (Mbits/seg)
		Voz		
E1	M1	30		2.048
E2	M2	120		8.448
E3	M3	480		34.368
E4	M4	1920		139.264
E5	M5	7680		565.148

Tabla 4.2 Niveles Jerárquicos de Europa y Norteamérica

Tasa De Error Binaria (Bit Error Rate) BER

Un bit de error representa al cambio de un bit de cero a un bit uno o de un bit uno a un bit de cero, Puede ser definido como :

$$\text{BER} = \text{bit de error} / \text{total de número de bits transmitidos}$$

La tabla 4.3 lista el promedio de error de bit calculados para circuitos de Norte América y Europa operando a 1.544 Mbps y 2.048 Mbps.

Relación	T1(1.544 Mbits/seg.)	E1(2.048 Mbits/seg.)
10^{-9}	1 Error por 10.79 minutos	1 Error por 8.14 minutos
10^{-8}	1 Error por 65 segundos	1 Error por 48.8 segundos
10^{-7}	1 Error por 6.5 segundos	1 Error por 4.88 segundos
10^{-6}	1.544 Errores por segundo	2.048 Errores por segundo
10^{-5}	15.44 Errores por segundo	20.48 Errores por segundo
10^{-4}	154.4 Errores por segundo	204.8 Errores por segundo
10^{-3}	1544 Errores por segundo	2048 Errores por segundo

Tabla 4.3 BER Promedio Para los Dos sistemas

4.4.1 DACS (DIGITAL ACCESS AND CROSS-CONNECT SYSTEMS)

Una red consiste de un sistema de dispositivos interconectados por medios de comunicación e integración. Podemos describir la integración de la red como la habilidad para presentar al usuario un medio de transmisión totalmente transparente e independiente de la aplicación.

Típicamente, estos componentes pueden consistir de servicios T1 terminados por cualquier canal de bancos o multiplexores T1 e interconectados por *Sistemas de Interconexión de Acceso Digital (DACS)* utilizando líneas privadas, microondas, fibras ópticas, satélites o una combinación de varios medios de comunicación como un ambiente integrado.

Para facilitar la integración de la red, se cuenta con bancos de canales, multiplexores T1, y DACS, el banco de canales fue desarrollado para facilitar los servicios de T1, primeramente para aplicaciones de voz, limitando la capacidad para el manejo de datos.

Un banco de canales es básicamente un dispositivo que utiliza PCM para derivar 24 canales en dos pares de cables, el banco de canales usa diferentes módulos para adaptar un servicio o aplicación particular y es considerado en el mundo de la electrónica como una terminal tonta. La nueva generación de bancos de canales llamados "smart channel banks" permiten la programación y tienden a aprovechar las habilidades de un multiplexor T1. El costo de aproximadamente de \$200 dólares por canal.

Por otro lado, el multiplexor T1 fué desarrollado básicamente para los usuarios de datos, por lo que es usualmente limitado en aplicaciones de voz, tienen la facilidad de poder ser controlados por software y permiten un ancho de banda dinámico, su costo varía de \$400 a \$1000 dólares por canal.

Un DACS es diferente del banco de canales y del multiplexor T1 ya que este acepta sólo señales digitales, con entradas T1. Estas entradas T1 son interconectadas al nivel de canal (DSO) sin llevar al banco de canales a una configuración analógica. El usuario puede integrar múltiples T1's en un DACS eliminando el banco de canales o de los Mux T1, esto permite eliminar la conversión digital/analógica. Los DACS tradicionalmente están ubicados en compañías operando en oficinas centrales. Inicialmente permitían de 6 a 8 terminaciones T1.

Las ventajas de los DACS son básicamente, la eliminación del banco de canales, la eliminación de la conversión analógica/digital y la reducción del espacio requerido. Otra ventaja es que puede ser usado para reducir la cantidad de servicios T1 requerido para concentración de líneas, las T1's llenas son ruteadas fuera de los DACS liberando el servicio de T1, esta técnica es conocida como "filling". Otra ventaja en el uso de DACS es el segregar diferentes servicios, en esta técnica los servicios T1 mezclados son llevados al DACS y los servicios segregados son llevados a un equipofinal como un PBX's (Private Branch Exchanges), o host, esto es conocido como "grooming".

Una de las funciones más importantes del DACS es que pueden servir para desarrollar planes de contingencia. En este modo el DACS es usado para enrutar el tráfico hacia diferentes servicios T1, cuando la ruta primaria es inapropiada.

En aplicaciones de voz existen grandes diferencias entre el uso de bancos de canales y DACS, algunas de estas son las de permitir el intercambio de servicios, circuitos de alarma automática y eliminación de líneas sin uso, los cuales requieren tarjetas especiales en el banco de canales, estas tarjetas permiten una interface para eliminar tarjetas analógicas adicionales, normalmente utilizadas.

En aplicaciones PBX (Private Branch Exchanges), en baja densidad para localidades remotas, puede ser definido en un banco de canales facilitando un servicio E&M de cuatro hilos, en el nodo central o localidad del DACS elimina las rutas de baja densidad para bancos de

canales, los cuales pueden ser integrados en un paquete digital de 24 canales (DTI) o interface T1, usando la técnica de "grooming".

Los DACS pueden ser usados para dividir conferencias en líneas o circuitos automáticos de alarma usando una tarjeta de conferencias en el DACS.

En aplicaciones de datos, tenemos grandes diferencias en el uso, para bancos de canales y DACS normalmente pensamos que los circuitos son modo punto a punto, donde los datos salen del Host o CPU y llegan a un controlador o multiplexor, dependiendo de la distancia ; por otro lado "token ring" es muy popular para redes de área local, así como el protocolo X.25, conocido como "packet switching".

Para facilidad de líneas y en distancias largas, el servicio digital de datos (DDS) esta disponible para canales de baja velocidad de 2400, 4800 o 9600 baud, para ser multiplexados en canales de 56 Kbps. La ventaja de esto en redes privadas, es que combina las mejores características de una red punto a punto, mientras permite a los circuitos el multiplexado a través de DACS.

Por ejemplo, en una aplicación de cuatro localidades y teniendo en otro sitio el centro de datos o Host , cinco circuitos de 9600 baudios destinados para varias localidades pueden ser multiplexados en un circuito de 56 Kbps, el cual es llevado a un banco de canales o un Mux T1 a través de una tarjeta DSODP. Esto termina en un DACS y a través de una tarjeta multiplexora, permite interconectar a través de la matriz del DACS a otras localidades.

En 1981 AT&T introduce su sistema de acceso digital e interconexión (DCS) para facilitar pruebas, así como reducir los costos de mantenimiento. Mediante el uso de DACS los intervalos de tiempo DSO pueden ser llevados de un circuito T1 y sumados a otra línea T1. Los DACS son administrados vía control de software, originalmente este control fue restringido para la iniciación de una portadora de comunicación de la oficina central, posteriormente la capacidad

de control de los DACS fue extendida a los usuarios en otras localidades. La cual es conocida como "Customer Controlled Reconfiguration"(CCR).

Los DACS tienen la capacidad de intercambiar tantos niveles como capacidad de canales T1. La capacidad de "drop/insert/bypass" es usada para satisfacer los requerimientos de algunos canales de voz y datos para terminar en un nodo, mientras que otros canales pasan un nodo y son direccionados en otro circuito hacia otro nodo. Cuando un canal es cargado a un nodo de paso y es direccionado a un circuito diferente, resulta en una pérdida de capacidad. Esta capacidad puede ser cubierta insertando otros canales con el mismo destino final.

El funcionamiento de algunos DACS permite la segregación y operación de llenado en el redireccionamiento de datos para maximizar el manejo de datos eficiente. La función de segregación es usada para segregar los canales de transmisión al extremo apropiado. La función de llenado es usada con la función de segregación para maximizar la eficiencia de un gran número de operaciones de segregación, la técnica de llenado permite combinar el tráfico de dos o más portadoras en una sola con la misma ruta y destino.

El Sistema de Interconexión y Acceso Digital (DACS) ofrece una solución total para satisfacer las necesidades de red actuales y futuras, para el transporte económico de voz y datos, y de acceso a la red completamente integrado, proporciona interconexiones de canal digital confiables y rápidas, así como el acceso a pruebas, eliminando así las costosas conversiones de digital a analógico para estas funciones.

Con un sistema de acceso a pruebas e interconexión a nivel DSO controlado por un multiprocesador interno del DACS y basado en software, un DACS puede tener una capacidad de hasta 2,688 DS1. Así como cualquier servicio de 2,048 Mbps de canal de DSO o múltiplex de 24 o más canales.

4.4.2 MULTIPLEXOR

Con el establecimiento de sistemas de cómputo distribuidos, numerosas estructuras de redes fueron examinadas para determinar las posibilidades de usar equipo especializado para reducir costos. Cuando el tráfico de terminal fue lento y el costo de líneas dedicadas no se justificaba en una base individual, el costo de proporcionar comunicaciones a un grupo de usuarios puede ser reducido si un mecanismo era capaz de habilitar varias terminales para facilitar comunicaciones comunes. Este mecanismo puede ser proporcionado por la utilización de multiplexores, y su función primaria es proporcionar al usuario una reducción de costos en comunicaciones. Este dispositivo facilita una alta velocidad de línea para ser usada para llevar transmisiones separadas de un grupo de líneas de baja velocidad. El uso de multiplexores puede ser considerado cuando un número de terminales de datos de una área geográfica similar o cuando un número de líneas corren en paralelo para alguna distancia.

En general dispositivo que transmite o recibe cadenas de datos en forma serial puede ser considerado un candidato para el multiplexaje.

Los multiplexores son frecuentemente empleados en sistemas de comunicación de voz y datos, diversos métodos son empleados cada uno con ventajas para ciertas aplicaciones, combinando técnicas para incrementar eficiencia y superar los problemas, son dispositivos más o menos inteligentes, básicamente consisten en un procesador con su memoria, un mecanismo de barrido y in conjunto de adaptadores de comunicaciones, siendo su función principal proveer un medio para compartir una línea de comunicaciones entre diversas estaciones de trabajo y/o unidades de procesamiento, lo cual lleva a una reducción de los costos de operación, ya que se economizan :

- 1.- Puertos del procesador principal
- 2.- Módems y adaptadores
- 3.- Líneas telefónicas y/o otro tipo línea
- 4.- Tiempo de CPU

El primer motivo para el uso de multiplexores en una red es reducir el costo de comunicaciones. Mediante un primer estudio en usuarios de terminal para determinar el tiempo de conexión mensual de cada terminal, el método más económico de transmisión de datos de cada terminal al computador puede ser calculado. Para hacer esto el costo en la conexión directa puede ser comparado con el costo de una línea dedicada de cada terminal al computador.

Cuando el método más económico de transmisión de cada terminal al computador es calculado, el costo del recorrido de cada terminal en una localidad a una terminal en otra localidad puede ser determinado en orden para calcular y comparar el costo de utilización de varias técnicas.

Evaluando el costo del multiplexaje y el costo de líneas telefónicas de cada terminal en una localidad al multiplexor central y sumado al costo del equipo multiplexor. Entonces el costo de la línea de alta velocidad del multiplexor central a el computador es sumado para proporcionar el costo total de multiplexaje. Si este costo excede el total del método más económico de transmisión para terminales individuales al lugar central, entonces el multiplexaje no justifica el costo. Este proceso es reiterado por considerar cada ciudad como un posible centro multiplexor para optimizar todas las posibles configuraciones de red.

4.4.2.1 COMBINACION DE MULTIPLEXORES

Mientras que los equipos FDM están limitados por el ancho de banda de las líneas telefónicas, la principal limitación en un sistema TDM es la capacidad de transmisión de los modems de al velocidad conectados al multiplexor. FDM es usualmente limitado a 16100 bps o 8150 bps por canal, mientras que los sistemas TDM pueden proporcionar una combinación de baja y alta velocidad en terminales, esta composición velocidad es menor o igual a la velocidad del módem conectado. Mientras los sistemas TDM favorecen las aplicaciones punto a punto, los

sistemas FDM son aplicados en configuraciones multidrop donde un número de terminales separadas pueden ser servidas más económicamente sobre una sola línea multipunto.

El equipo FDM es considerado como tecnología obsoleta por su limitada capacidad de transmisión de datos, su inherente capacidad de proporcionar una conexión de línea multipunto sin requerir software poll-select.

En muchas redes los sistemas TDM son usados para transmisión de altas velocidades de datos entre localidades separadas, mientras FDM a menudo es usado en el mismo sistema para proporcionar servicio multidrop a las terminales.

La combinación de los sistemas FDM-TDM en una red, permite las capacidades de ambos dispositivos para ser usados con una mayor ventaja.

4.4.2.2 MULTIPLEXORES ESTADISTICOS E INTELIGENTES

En un TDM tradicional, las cadenas de datos son combinadas de un número de dispositivos en un solo camino, así cada dispositivo tiene un rango de tiempo asignado para su uso. Mientras el TDM es barato y confiables, y puede ser efectivamente empleado para reducir costos en comunicaciones, ello hace ineficiente uso del medio de transmisión de alta velocidad. Esta ineficiencia es debida al hecho de que el rango de tiempo es reservado para cada dispositivo conectado, ya sea que el dispositivo este o no activado. Cuando el dispositivo esta inactivo, El TDM llena el rango con nulos y no puede usar el slot para otros propósitos.

Estos caracteres de relleno son insertados en el marco del mensaje, por lo que el demultiplexaje ocurre por la posición de los caracteres en el marco. si estos rellenos son eliminados, un proceso es empleado para indicar el puerto de origen o canal de cada carácter. De

otra manera no hay camino para reconstruir el dato y ruta de acceso al puerto correcto durante el proceso de demultiplexaje.

Un multiplexor estadístico es en muchos aspectos muy similar a un concentrador, ambos dispositivos combinan señales de un número de dispositivos conectados a su manera, hay una cierta probabilidad de que un dispositivo tenga acceso para el uso de un rango de tiempo para transmisión.

Sin embargo un concentrador requiere usar programación y algún requerimiento especial de software en el computador central (Host), para demultiplexar su alta velocidad de transmisión de cadena de datos, un multiplexor estadístico es diseñado en forma similar a un microprocesador y programado por el vendedor, no requiere software en el computador para demultiplexar, si no otro multiplexor estadístico y el computador permite esta función.

TDM inteligente (ITDM).- Un adelanto tecnológico es el multiplexor estadístico resulta con la introducción de compresión de datos en algunos STDM's. Estos dispositivos inteligentes examinan ciertas características de datos y son conocidos como multiplexores de división de tiempo inteligente (ITDM). Estos dispositivos tienen ventajas ya que diferentes caracteres ocurren con diferentes frecuencias ya que usan esta cualidad para reducir el número promedio de bits por carácter por asignación corta de códigos.

La principal ventaja del multiplexor inteligente radica en su capacidad para hacer el uso más eficiente de un circuito de datos de alta velocidad en comparación a otra clase de TDM's. El tráfico de datos síncronos, el cual normalmente contiene menor tiempo libre durante periodos de transmisión activa puede ser aumentado en eficiencia. Los multiplexores inteligentes permiten una eficiencia cuatro veces más que un TDM convencional para terminales síncronas.

4.4.2.3 COMPARACION DE MULTIPLEXORES

CARACTERISTICA	FDM	TDM	STDM	ITDM
Eficiencia	Malo	Bueno	Mejor	Optimo
Capacidad de Canal	Malo	Bueno	Mejor	Optimo
Alta Velocidad de Datos	Muy Malo	Malo	Mejor	Optimo
Cambio de Configuración				
Transmisión de Datos	Bueno	Regular	Bueno	Bueno
Número de Canales	Malo	Malo	Mejor	Mejor
Facilidad de Instalación	Malo	Malo	Bueno	Bueno
Problema de Aislamiento	Malo	Malo	Bueno	Bueno
Detección de Error	Bueno	No	Automática	Automática

Tabla 4.4 Comparación de los Cuatro Tipos de Multiplexores

CAPITULO V

REDES TELEFÓNICAS DIGITALES

5.1 INTRODUCCION

El eficaz diseño de una red de comunicación es un problema extremadamente complejo . El número de parámetros de diseño y modos de operar es considerable. Además el ambiente en que la red a de operar influye mucho en su construcción . En conciencia muchas discusiones sobre el diseño de la red de comunicación o tratamientos cualitativos superficiales de situaciones mas bien generales o tratamientos detallados de redes altamente especializadas y simplificadas.

Una red de comunicación (muy parecida a una red de computadoras) consta de una colección de centros de comunicación (nodos) que están conectados por un grupo de canales de comunicación (enlaces ordenados). Los mensajes (que se conocen por su origen, destino, tiempo de origen, extensión y clase de prioridad) fluyen a través de una red en forma de almacene y expida (en comparación con trafico de hilo directo o teléfono).

Un plan de reglas de operación para manipular el tráfico de mensajes debe darse también al describir una red de comunicación. La función principal de una red es suministrar en forma rápida y fiable la comunicación entre muchos de los centros de comunicación simultáneamente. El diseño de tales redes implica un numero de aspectos operacionales de flujo estocástico de trafico de mensajes, procedimientos de itinerario de mensajes, disciplinas de prioridad de colas, selección de capacidad de canales, y configuraciones topológicas. Además el ambiente en que la red debe operar puede ser altamente variable.

Un procedimiento de itinerario de mensaje es una regla de decisión que determina, de acuerdo con algún algoritmo (aleatorio posiblemente) el nodo próximo que tocara un mensaje. La especificación del algoritmo especifica el procedimiento de itinerario. Los parámetros incluidos en el algoritmo pueden ser, origen y destino de mensaje, prioridad del mensaje, disponibilidad de ciertos canales, congestión (o destrucción) de ciertos nodos.

Definimos un procedimiento de itinerario fijo como uno en el que el camino del mensaje por la red es únicamente determinado una vez que se dan su origen y destino. Si se permite más que un camino entonces consideramos este como procedimiento de itinerario alterno. Un procedimiento de itinerario alterno puede escoger sus rutas alternas ya sea determinísticamente o al azar (de alguna distribución apropiada) de entre los enlaces operativos basados en los valores de parámetros mencionados, el primero itinerario determinístico y el otro como itinerario alterno aleatorio o (o más simplemente como procedimiento de itinerario aleatorio).

Para pasar a través de una red con frecuencia se requiere que los mensajes formen una cola mientras esperan transmisión entre nodos, y muy frecuentemente una disciplina de prioridad describe la estructura de la cola. Dar prioridad de colas se refiere a aquellas disciplinas en que un mensaje que llega se le asigna un grupo de parámetros (sea al azar o basado en alguna propiedad del mensaje) que determina la posición relativa de la cola. Esta posición puede variar como una función del tiempo debido a la apariencia de mensajes de mayor prioridad en la cola.

Intentando satisfacer la demanda de usuarios con vistas a una estructura de prioridad, estas demandas, en su forma más útil, deben estipular lo que sigue :

- 1.- El número de clases de prioridad
- 2.- el rendimiento relativo que cada clase espera de la expresado en términos de tiempo promedio de demora).
- 3.- el número promedio de mensajes que llegan por segundo y el promedio de largo del mensaje para cada clase de prioridad.

Además sería de ayuda pero no necesario si el costo como una función de demora del mensaje para las diversas clases de prioridad fuera dado por el usuario , esta información permitirá la determinación cuidadosa del servicio necesario en cada clase.

Con tal plan de demandas de usuario, es posible designar algunas disciplinas de prioridad de colas con suficientes parámetros ajustables tal como para poder complacer estas demandas.

En muchos sistemas de comunicación ,cada canal puede naturalmente dividirse en un numero de subcanales. Las condiciones en que esto puede desearse se deben considerar adecuadamente, tales consideraciones incluyen el costo (en relación a la demora) de derecho de prioridad , la clase de estructura de prioridad particular, etc. En un caso de no prioridad puede mostrarse que uno no puede subdividir un canal si la demora es el único criterio donde la duración o longitud del mensaje se supone estar distribuida exponencialmente.

La configuración topológica de la red de comunicación afecta fuertemente su conducta con respecto a fiabilidad ,demora del mensaje, itinerario, etc. Es evidente que la libertad completa no es posible, generalmente, el diseño de la topología para la mayor parte de las redes. De hecho no solamente se puede restringir la topología sino también puede ser que se haya que cambiar la estructura de la red durante el periodo de su operación. Sin embargo, puede obtenerse un provecho apropiado de la libertad que se obtiene en la reestructuración durante los cambios de configuración de tal manera que se consiga un funcionamiento óptimo.

Una vez que se han satisfecho las restricciones topológicas ,queda el problema crucial de seleccionar la capacidad de cada canal en la red (la asignación de capacidad de canal)

5.1.1 PARIDAD

La comprobación de paridad es una técnica de detección de errores muy utilizada consiste en añadir un bit (el bit de paridad) a cada cadena de bits que constituye un carácter por ejemplo: en

un sistema de paridad impar este bit valdrá 1 (o 0 según el convenio) cuando la palabra incluya un numero impar de unos. Este bit de paridad se inserta en la estación emisora , se envía junto a cada carácter , y se examina en el receptor para determinar si cada carácter posee la paridad adecuada. Si un fallo en la transmisión cambia el valor de un bit de (1 a 0) o de (0 a 1) , la comprobación de paridad pondrá de manifiesta tal error

Sin embargo esta técnica no detectara la alteración de dos bit (por ejemplo , el cambio de 1 a 0 en un bit y el mismo cambio en otro bit), con lo cual la tasa de errores en determinadas transmisiones puede aumentar . La modulación multinivel (en la que un cambio de señal puede representar a dos o tres bits) exige el empleo de alguna técnica más sofisticada . La paridad basada en un solo bit es también inadecuada para muchas líneas analógicas destinadas a la transmisión de voz, ya que en este tipo de enlaces suelen aparecer los errores en forma de ráfagas.

DOBLE PARIDAD

La doble paridad es un refinamiento del método de paridad simple . En lugar de insertar un bit de paridad en cada carácter ,esta técnica asigna también una paridad (par o impar) a cada bloque de caracteres . La comprobación por bloque proporciona un mecanismo eficaz para detectar

El tipo de codificación antes mencionado emplea alguno de los dos tipos de paridad, se tienen 2 tipos de paridad par (ceros) y paridad impar (unos), y si se tuviese paridad par en la transmisión y existiese un error, esto es al realizarse el chequeo de paridad si el resultado es un uno, implica que existe un error; en los antiguos sistemas de comunicación de datos, al existir un error en este mensaje se solicita que se repita el mismo, y de no existir continuaba la transmisión, este tipo de codificación es llamada FEC (Forward Error Correction).

En el proceso de comunicación de datos son considerados dos términos de transferencia de los mismos, estos términos son ACK(reconocimiento) y NAK (no reconocimiento), y cuando un

mensaje no es aceptado por el receptor este envía un NAK, y después se repite el mensaje, el caso opuesto ocurre cuando si es aceptado, entonces el receptor envía un ACK, estos códigos son usualmente formatos binarios de determinada longitud.

Estos esquemas se conocen como ARQ (reconocimiento). Otro procedimiento y quizá el mas empleado en la actualidad es el código denominado de Comprobación de redundancia cíclica (CRC). Esta técnica se vale de una constante obtenida a partir de un polinomio generador, este tipo de código forma parte de los *códigos cíclicos*, estos *códigos cíclicos* se prestan fácilmente para ser generados directamente a partir de un polinomio generador llamado $g(x)$.

Existe en el proceso de transmisión un tipo de errores conocidos como errores tipo ráfaga, las cuales como su nombre lo indica, son aquellos errores que eliminan a algunos o todos los bits de una secuencia. Una ráfaga de longitud b por definición consiste en una secuencia de bits en la siguiente forma: el primero y el b -ésimo son erróneos, en tanto que los $(b-2)$ bits intermedios pueden ser erróneos o correctos. Así un teorema establece que b símbolos de comprobación de paridad son necesarios como parte de un código lineal de bloques, y suficientes para detectar todos los errores ráfaga de longitud b o menos en un bloque de longitud n . haciendo notar que esta capacidad de detección es independiente de n lo cual la hace muy útil en la detección de errores de los paquetes de datos, donde el número de bits de información es generalmente muy grande, y varía normalmente de paquete a paquete. La construcción de este código consiste en un agrupamiento de los k bits de información (secuencia de datos) en segmentos de b bits de longitud. Se aplica entonces a todos los bits de igual numeración de cada uno de los segmentos una comprobación de paridad. Los b bits de paridad que se han obtenido de esta manera se agregan al final de la palabra codificada completa. Este tipo de código es denominado *código sistemático*.

5.2 PROTOCOLOS DE ACCESO A REDES

Una clasificación de los protocolos de línea (enlace o canal)son :

DLC.- Controles del Enlace de Datos (Data Link Control).

SDLC- Control de Enlace de Datos Síncrono.

HDLC.- High Level Data Link Control.

BSC.- Binary Sinchronous Data Link Control.

Reciben este nombre porque gobiernan el flujo de tráfico entre estaciones a través de un canal físico de comunicaciones. Los protocolos del enlace de datos destinan todo el tráfico de comunicaciones que atraviesa un canal. Así, por ejemplo, si a un puerto de comunicaciones accesan varios usuarios, el DLC ha de garantizar que todos ellos puedan transportar sin errores sus datos por el canal hasta el nodo receptor. El DLC no suele tener en cuenta si los datos que transporta el canal procede de múltiples usuarios.

Los protocolos de control de enlace de datos siguen varias etapas las cuales tienen el siguiente orden.

- 1.- Establecimiento del enlace. Una vez que el equipo de conmutación de datos ha conseguido una conexión física con el equipo remoto, el DLC remoto conversa de alguna forma con el DLC remoto para asegurarse de que ambos sistemas están preparados para intercambiar datos con el usuario.
- 2.- Transferencia de información. Ambas maquinas intercambian datos a través del enlace. El DLC comprueba todos los datos por si existe algún error en la transmisión, y envía validaciones de los mismos a la maquina que transmite.

- 3.- Terminación del enlace. El DLC deja de controlar el enlace (canal), lo cual significa que no pueden transmitirse más datos hasta que se restablezca el enlace. Por lo general, un DLC mantiene activo el enlace siempre que la comunidad de usuarios desee enviar datos a través del mismo.

Un método muy utilizado para gestionar un canal de comunicaciones es el llamado protocolo Primario/Secundario. Esta técnica designa una Estación Terminal (ETD) o una Estación de conmutación (ECD) como nodo principal del canal, este nodo primario (usualmente es un ordenador) controla las demás estaciones y determina si los dispositivos pueden comunicarse y, en caso afirmativo, cuando deben hacerlo. Otro método importante es conocido como protocolo de igual a igual. En este sistema ningún nodo es principal, y por lo general todos los nodos poseen la misma autoridad sobre el canal. Sin embargo, ello no quiere decir que todos tengan idéntico acceso a la red, ya que pueden existir prioridades preestablecidas entre los distintos elementos. A pesar de ello, la ausencia de un nodo primario proporciona a todos los nodos las mismas oportunidades de utilizar los recursos de la red. Los sistemas de igual a igual son frecuentes en las redes locales con topologías tipo *Anillo*, en *Bus* y en *Malla*, así como en determinados sistemas híbridos.

Conviene tener presente que muchas de las funciones de estos protocolos se llevan a cabo mediante códigos de comunicaciones. Los protocolos con sondeo que se utilizan actualmente están orientados a caracteres o a bits. Muchos protocolos de caracteres incluyen campos de control que se ubican en posiciones variables dentro de la trama. En los protocolos orientados a bit, por el contrario, los campos de control suelen ocupar posiciones fijas, y, lo que es más importante los protocolos orientados a carácter dependen del código, ya que es el código concreto lo que determina la interpretación de los campos de control. Los protocolos orientados a bit son transparentes al código, pues el significado del campo de control se deduce que los bits individuales que no dependen del código empleado.

Uno de los primeros sistemas de control de enlace de propósito general, capaz de gestionar configuraciones punto a punto o multipunto, este protocolo de línea síncrono denominado *Control*

Síncrono Binario (BSC). en este tipo de protocolo las transmisiones fluyen en dos sentidos, de forma alternada. Es además un protocolo sensible al código. Todos los caracteres que se transmitan a través de un canal BSC deberán ser decodificados en el receptor para comprobar si se trata de un carácter de control o de un dato del usuario.

El canal o enlace BSC puede funcionar en dos modalidades. El modo de control lo utilizan las estaciones principales para gobernar las operaciones que tienen lugar en el enlace, como es la transmisión de tramas de sondeo/selección. El modo de mensajes o modo texto sirve para transmitir un bloque de información o para intercambiar bloques de información entre estaciones. Una vez recibida una invitación para enviar datos, la estación esclava transmitirá la información de usuario con un STX o un SOH al comienzo de los datos o en la cabecera de los mismos. Estos caracteres de control p...en el canal en modo de mensajes o en modo texto, y a partir de aquí empezaran a intercambiarse datos hasta que llegue un código EOT, momento en el cual el canal regresara al modo de control.

Durante el tiempo en que el canal se encuentre en modo texto, solo se dedicara al intercambio de datos entre dos estaciones. todas las demás permanecerán pasivas.

La empresa IBM ha sido una de las pioneras al emplear es sistema BSC y muchos fabricantes han creado sistemas compatibles con IBM. Un sistema de control de enlace de datos es llamado SDLC (Synchronous Data Link Control). SDLC es muy similar pero precede al HDLC (High Level Data Link Control) el cual fue desarrollado basándose en el primero HDLC

El protocolo HDLC resultado de ANSI (American National Standards Institute) es un norma publicada por ISO (International Standard Organization). Proporciona una gran variedad de funciones y cubre un amplio espectro de aplicaciones. De el cuadro básico del formato HDLC tiene las tres funciones básicas las cuales son dirección, control, y chequeo de bloques los cuales pueden ser aumentados para permitir direccionamientos adicionales, además de detección y corrección de

error e incrementar la secuencia de números. A la cabeza y al final del formato HDLC tiene una secuencia binaria de 6 unos consecutivos.

El formato del protocolo HDLC se encuentra en la figura 5.1; Existen tres tipos de tramas para el campo de control, estos tres tipos de cuadros de respuesta son definidos para el manejo de información de flujo y esos son:

Formato I.- Para la transferencia de información

Formato S.- Formato de supervisión

Formato U.- Formato de no numeración.

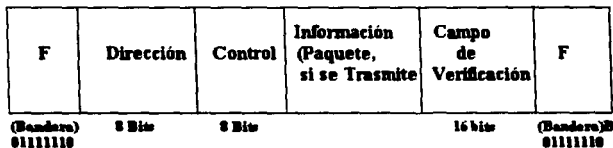


Figura 5.1. Formato Estándar de la Trama HDLC

Los campos de los cuadros S y U no llevan información estos son usados estrictamente para propósitos de supervisión y control. el octavo bit de control en el campo determina cual es el tipo de cuadro ha sido transmitido, y , para los cuadros S y U cual señal de control específica es entonces transmitida (véase la figura 5.2).

		Número de Bit					
		1	2 - 4	5	6 - 8		
Trama I		0	N(S)	PIF	N(R)		
		1	0	S	S	PIF	N(R)
Trama S		1	1	M	M	PIF	M M M
		1	1	M	M	PIF	M M M

Figura 5.2 Campo de Control Para Los Tres Tipos de Trama.

Tres modos de operación son definidos para el protocolo HDLC

- 1.- Modo de respuesta normal (NRM). Este modo de operación es usado en medios de control centralizado, en este modo un estación primaria simple se puede comunicar con una o mas estaciones secundarias de servicios, Obliga a la estación secundaria a esperar la autorización explícita de la estación primaria antes de ponerse a transmitir. Una vez recibido este permiso, la estación secundaria comienza a transmitir una respuesta, que, podrá contener datos y que podrá constar de una o varias tramas enviadas a lo largo de todo el periodo en el que la estación utilice el canal. Una vez transmitida su ultima trama, la estación secundaria deberá esperar otra vez a que llegue la autorización pertinente antes de volver a transmitir.
- 2.- Modo de respuesta Asincrona. (ARM) Este modo es similar al NRM excepto que la estación secundaria no necesita el permiso de la estación primaria para iniciar su

transmisión, En la transmisión pueden incluirse una o varias tramas de datos, o bien informaciones de control relativas a los cambios de estado de la estación secundaria .

- 3.- Modo de Balanceo asíncrono (ABM). Este modo es para un enlace punto a punto de transmisión únicamente. Una clase de procedimientos para este modo forma base del enlace a nivel del protocolo X.25 .En el HDLC los datos transmitidos pueden utilizar técnicas para detección y corrección de error a través de el uso de cuadros I y S.

5.3 REDES DE DATOS

Por la naturaleza del envío de la información, se dice que las redes de comunicación pueden clasificarse en :

- 1.- Conmutadas.
- 2.- No conmutadas o de difusión.

Los enlaces entre los elementos de una red pueden ser tan simples como una línea de cable coaxial, o tan complejos que utilicen fibra óptica, enlaces de microondas o de vía satélite. De las redes mencionadas, se dice que también existen analógicas o bien digitales.

En una red digital, las centrales son digitales al igual que las líneas de comunicación. En este caso no es necesario el empleo de Módems pues las líneas no son analógicas. De esta forma, en una red digital los datos se agrupan en mensajes o bien en paquetes de información. Un paquete de varios datos varía en tamaño, y éste incluye campo de datos, de dirección, de información de control de errores. Un ejemplo de red digital es la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).

En las redes analógicas las líneas de comunicación y las centrales son analógicas. Para transmitir datos sobre una línea analógica se debe utilizar un Módem, tanto en la transmisión

como en la recepción, para convertir el mensaje , dado en forma de señal analógica, a paquetes de datos. Un ejemplo de red analógica es la red telefónica pública administrada por TELMEX.

Los nuevos desarrollos crean su propio conjunto de problemas, por esto, diversas organizaciones e instituciones han establecido normas para la transmisión de información que permitan una coexistencia de los sistemas de cómputo y procedimientos de información desarrollados por los diferentes fabricantes.

5.3.1 REDES CONMUTADAS

Las redes conmutadas poseen nodos a través de los cuales se enruta la información a su destino ; algunos de estos nodos pueden ser puntos de acceso a la red. Estos nodos se encuentran interconectados de acuerdo a las necesidades de comunicación y condiciones de tráfico. En este tipo de redes existen tres mecanismos de conmutación, los cuales son :

- Conmutación de circuitos.
- Conmutación de mensajes
- Conmutación de paquetes.

5.3.1.1 CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS

Este servicio establece una ruta de comunicación de extremo a extremo antes de que se envíe cualquier conjunto de datos. Esta ruta de comunicación es fija y se mantendrá hasta que finalice el intercambio de datos. La desventaja de la conmutación de circuitos es el tiempo considerable para el establecimiento de la conexión, sin embargo, una vez establecida la ruta, el único retardo en la transmisión de los datos es el tiempo de propagación de la señal electromagnética (6ms/1000Km), además de evitar problemas de congestión.

5.3.1.2 CONMUTACIÓN DE MENSAJES

En esta forma de conmutación no hay establecimiento anticipado de la ruta entre el que envía y el que recibe. En su lugar, cuando el que envía tiene listo un bloque de datos, este se almacena en la primera central de conmutación, (es decir, un Procesador de Intercambio de Mensajes, IMP) para expedirse después dándose sólo un salto a la vez. Cada bloque se recibe íntegramente, se revisa en busca de errores, y se retransmite con posterioridad. No existe límite en el tamaño de los bloques de datos, por lo que los IMP deben tener discos duros para el almacenamiento temporal de grandes bloques de datos. Esto significa también que un solo bloque puede ocupar una línea entre dos IMP durante varios minutos, inutilizando la conmutación de mensajes para el tráfico interactivo. A las redes que utilizan esta técnica se les conoce como almacenamiento y reenvío.

5.3.1.3 CONMUTACIÓN DE PAQUETES

A diferencia de las redes de conmutación de mensajes, las redes de conmutación de paquetes fijan un límite superior en el tamaño del bloque, permitiendo que los paquetes sean almacenados en la memoria principal del MP en lugar de hacerlo en disco. Teniendo la seguridad de que ningún usuario puede monopolizar una línea de transmisión por más de unas cuantas décimas de segundo, las redes de conmutación de paquetes son muy apropiadas para el manejo de tráfico interactivo. Debido a que los circuitos no están dedicados a una tarea específica, estos se pueden utilizar por otros paquetes de otro origen, o con destinos que tampoco tienen ninguna relación. Sin embargo, y precisamente porque los circuitos no están dedicados a una área especial, la aparición de sobrecarga repentina en el tráfico de entrada puede llegar a trastornar un IMP, por ejemplo, excediendo su capacidad de almacenamiento, ocasionando la pérdida de paquetes. En este tipo de servicio, los IMPs proporcionan conversión de velocidad y código.

En las redes de conmutación de paquetes existen dos técnicas de envío de paquetes, por datagramas y por circuitos virtuales. En el servicio para datagramas, cada paquete se trata independientemente, luego, cada nodo de la red debe responsabilizarse del enrutamiento de cada paquete. De esta manera, paquetes con el mismo destino siguen rutas diferentes a través de la red, pudiendo no llegar al mismo orden en que fueron enviados ; en este caso, en la recepción se tiene la responsabilidad de reordenar los paquetes. Para el servicio de circuitos virtuales, se establece una conexión lógica antes de enviar cualquier paquete. En este tipo de servicio. Cada paquete contiene un identificador de circuito virtual así como los datos del usuario. Cada nodo conoce la ruta preestablecida, por lo tanto, no se requieren decisiones de enrutamiento por paquete como en el caso anterior.

En ambas técnicas, se envía un grupo de paquetes de un cierto orden desde un origen a un destino. De esta manera, un mensaje completo consiste de varios paquetes que llegan en un orden distinto al que fueron enviados, ya que cada paquete pudo haber viajado por distintas rutas.

La transmisión de información en forma de paquetes proporciona los siguientes beneficios :

- 1.- **Universalidad.** Cada vez más organizaciones, sin importar su tamaño, están haciendo uso de este tipo de servicio, como una consecuencia de la integración de servicios y de la coexistencia y compatibilidad entre los diversos sistemas de comunicación. Este tipo de servicio permite cursar cualquier tipo de información (voz y vídeo digitalizado, además de datos).
- 2.- **Flexibilidad en la interconexión de la comunicación.** Alrededor de la transmisión de paquetes se han desarrollado normas que permiten hacer uso de los recursos de la red a los distintos tipos de usuarios, reconocidos por el modo en que opera un equipo terminal de datos (DTE) :
 - a).- **Modo inicio/paro.** Para los DTE que transmiten asincrónicamente. Cada carácter se precede de un bit de paro.

b).- Modo síncrono. Para los DTE que transmiten síncronamente a otro DTE conectado al mismo enlace.

c).- Modo paquete. Para los DTE que transmiten síncronamente a otro DTE conectado a la misma red de datos.

- 3.- Bajo costo. La capacidad de compartir los medios de transmisión y de compartir el equipo de conmutación y control, dan como resultado un bajo costo de comunicación para una gran cantidad de información de los usuarios.
- 4.- Seguridad. Se proporcionan eficientes mecanismos de corrección y de detección de errores, resultando en una transferencia de datos de extremo a extremo virtualmente libre de errores.
- 5.- Integridad. La disposición de los medios, las diferentes alternativas de las rutas, el control y el monitoreo de la red, dan como resultado una alta confiabilidad de la red.

5.3.2 REDES DE DIFUSION

Las redes de difusión fundamentalmente emplean un medio de transmisión común, al cual todas las entidades que desean comunicarse tienen acceso. No contiene elementos o sistemas de conmutación, sino que se tiene acceso al medio de acuerdo a ciertos protocolos definidos de acuerdo al tipo específico de red. De estas redes existen tres tipos :

- 1.- Radio paquetes.
- 2.- Redes locales.
- 3.- Redes satelitales.

5.3.2.1 RADIO PAQUETES

En este tipo de redes, se conecta una computadora central a una base de transmisión omnidireccional. Se utilizan canales de 100 KHz en la banda HF, asignando las frecuencias de 407.350 MHz para el enlace computadora - terminal y 413.475 MHz para el enlace terminal - computadora. Los datos se transmiten en forma de paquetes de longitud fija precedidos de un encabezado, en donde se incluye la dirección de las terminales destino, y terminados con una trama para verificación de errores. Cada terminal transmite y recibe paquetes descartando los que no van dirigidos a ella. Cualquier alteración de la información durante la transmisión, se detecta cuando la terminal verifica el código de detección de errores. Si se detecta un error, la terminal no reconoce la recepción del paquete, lo cual causa su retransmisión desde la estación base. Para esto, el enlace computadora - terminal actúa como una línea multipunto convencional.

El enlace terminal-computadora opera, la mayoría de las veces, de manera no convencional. Las terminales envían a la computadora un convertidor de formato de datos en un paquete que transmiten sobre un canal común. Este canal es transparente a muchas estaciones, haciendo posible que dos o más terminales puedan transmitir simultáneamente, produciendo esto una condición conocida como colisión de paquetes. Cuando ocurre tal situación, el receptor base no envía el reconocimiento de estos paquetes, puesto que puede no ser capaz de reconocer siempre el origen. Si después de un tiempo razonable la terminal no recibe el reconocimiento de la base, reprograma el paquete para transmitirlo posteriormente en un tiempo aleatorio.

Eventualmente, todos los paquetes se recibirán correctamente en la base y ésta los reconocerá. No obstante que la utilización máxima del canal es $1/2e = 18.4\%$, la retribución es una técnica de acceso múltiple extremadamente simple de implantarse y para conservar el espectro. El canal sencillo asignado se utiliza para la transmisión y la recepción. Cuando operan en la vecindad de los 1800 MHz (banda de frecuencia reservada para uso de gobierno), se pueden soportar picos en los datos del usuario a velocidades superiores a los 1000 Kbps.

5.3.2.2 REDES LOCALES

Una red de área local (LAN) es un sistema para interconectar componentes de comunicación de los datos en un espacio relativamente confinado. Un sistema es un grupo de partes interrelacionadas con una parte central en la relación mutua. Las redes LAN conciernen principalmente a la comunicación entre sus componentes, los cuales son dispositivos mutuamente compatibles, y se incluyen aquí, microcomputadoras, discos de almacenamiento, e impresoras. El énfasis sobre la compatibilidad es puramente práctico. Microcomputadoras incompatibles pueden ser capaces de interaccionar con una impresora, pero no con programas o datos. Las LAN están restringidas a la comunicación entre o en el interior de edificios: la distancia máxima de cobertura depende del medio utilizado para conectar los componentes.

Otras características significativas de las LAN incluyen pertenencia, velocidad y accesibilidad. Las LAN son redes privadas y no están sujetas a reglamentaciones de cuerpos de normalización públicos o de redes. Las topologías utilizadas, generalmente simétricas, facilitan las velocidades entre 1 y 10 Mbps. La velocidad de una LAN está limitada por la manera en que el "software" interacciona con la red y por la velocidad de acceso a los centros de almacenamiento compartidos más que por la velocidad del medio que conecta los nodos. El acceso de un nodo de una LAN se ve incrementado enormemente por los convertidores de protocolos y por la conexión a otras LAN's a través de una red de área metropolitana.

5.3.2.3 REDES SATELITALES.

En las comunicaciones vía satélite se emplean antenas de microondas para recibir las señales de radio procedentes de las estaciones emisoras en la tierra, y para devolver estas señales a otras estaciones terrenas. La capacidad que posee el satélite de recibir y de transmitir se debe a un dispositivo conocido como transpondedor. Los transpondedores de satélite trabajan a frecuencias muy elevadas, generalmente en la banda de GHz. En la actualidad, la mayoría de los

satélites operan en frecuencias de 4 GHz a 6 GHz (Banda C); otros poseen anchos de banda mayores, con transpondedores de 14 a 12 GHz (Banda Ku). Los satélites proporcionan una cobertura territorial muy amplia además de poseer una enorme capacidad de transmisión. Su amplia cobertura plantea también serios problemas de seguridad, ya que cualquier estación puede captar las transmisiones de una empresa con solo sintonizar la frecuencia del satélite.

Los satélites de comunicaciones permiten concebir redes conmutadas sin necesidad de conmutadores físicos. En la tierra, una empresa que desee establecer centros de conmutación, tiene que alquilar líneas y unirlos mediante componentes físicos. Estos satélites de comunicación, aparte del inconveniente de tener que decodificar convencionalmente la señal por cuestiones de seguridad, las condiciones climatológicas adversas pueden afectar a la señal durante su trayectoria ascendente y descendente. Además, como la señal recorre una gran distancia, unos 36000 Km de subida y otros similares de bajada, aparece un retardo considerable entre una emisión y otra. En algunos casos, este retarde puede originar problemas significativos debido a los protocolos de línea y al tiempo de respuesta. Las señales de un satélite pueden verse interferidas también por otras señales de radio procedentes de sistemas terrestres.

5.3.3 MODELOS DE ARQUITECTURAS

La comunicación entre dos sistemas es una labor muy complicada si se lleva a cabo por una sola entidad. Por esto, la tarea se distribuye en módulos o entidades que puedan comunicarse con entidades similares que existen en otros sistemas. Dentro de un sistema, una entidad interactúa con otras entidades proporcionándoles y utilizando servicios. Las reglas y convenciones utilizadas en la interacción dos entidades se conocen como protocolo. La interacción puede realizarse de dos formas :

- 1.-Estructura jerárquica.
- 2.-Estructura en capas.

Estructura Jerárquica.- Este tipo de estructura permite definir más de un protocolo en un nivel jerárquico ; la funcionalidad de estos protocolos puede no ser la misma o ser muy similar, además comparten el mismo conjunto de protocolos de soporte en el nivel jerárquico inferior más próximo. La entidad no puede utilizar sus propios servicios ni directa ni indirectamente pero puede utilizar los proporcionados por cualquier otra entidad sin importar que ésta sea de una jerarquía mayor o menor. Bajo este razonamiento, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos creó un modelo de arquitectura jerarquizado conocido como DOD. Más adelante se describirá este modelo.

Estructura en capas.- En esta estructura se especifica que los protocolos de una misma capa tengan características comunes y ejecuten funciones específicas. Los límites de las capas están bien definidos por lo cual, en una capa dada, se puede sustituir un protocolo nuevo por otro más antiguo sin que esto altere las capas adyacentes. Una capa sólo puede interactuar con las capas adyacentes a ella. Un ejemplo de un modelo estructurado en capas es el modelo OSI, el cual se describirá más adelante. Se puede decir entonces, que un modelo estructurado en capas es más restrictivo que un modelo jerarquizado en cuanto a que no permite la realización de ciertas técnicas.

Durante la última década, el funcionamiento de las redes de computadoras ha evolucionado enormemente ; en la actualidad, la mayoría de las instituciones utilizan computadoras y poseen, o bien, planean instalar algún tipo de red. Sin embargo, existe un problema inherente al gran desarrollo de este tipo de tecnología, y es que al existir una amplia gama de equipo, cada fabricante de computadoras tenía su propia arquitectura de red, de modo que en ningún caso existía compatibilidad. Debido a esto, se establecieron normas internacionales para el diseño de modelos de arquitectura de redes.

5.3.1 MODELO OSI

La arquitectura de una red es un sistema lógico complejo. Para facilitar el entendimiento de tales sistemas, para propósitos de diseño, implementación y mantenimiento, se han desarrollado arquitecturas de redes que pueden ser vistas como un ensamblado en capas. La construcción de un sistemas por capas proporciona una partición conveniente de las responsabilidades y reparte los medios de servicio común. El concepto de partición de responsabilidades consiste en que cada nivel agregue servicios a los servicios proporcionados por los niveles inferiores. De tal manera, el nivel más alto ofrece un conjunto completo de servicios necesarios para ejecutar una aplicación distribuida. La Organización Internacional de Normalización (International Standard Organization, ISO) desarrolló un modelo de referencia para la arquitectura de sistemas y le llamó modelo de interconexión de Sistemas Abiertos (Open System Interconnection, OSI), porque precisamente se refiere a la conexión de sistemas heterogéneos, es decir, a sistemas dispuestos a establecer comunicación con otros distintos.

Este modelo es estratificado y se estructura en siete capas, ésta basado en tres elementos :

Los procesos de aplicación, las uniones para conectar estos procesos para proporcionar intercambio de información y los procesos que soportan los procesos de aplicación.

En el contexto de esta definición, un sistema es un conjunto de una o más computadoras, la infraestructura de comunicación asociada, periféricos, terminales, procesos físicos, los medios de transferencia de información, que forman una entidad autónoma con capacidad de realizar el procesamiento e información.

Se dice que OSI es un modelo de referencia para sistemas abiertos porque pone especial atención al intercambio de información entre sistemas y no al funcionamiento interno de cada sistema en particular. En otras palabras, OSI constituye el marco de trabajo para el desarrollo de

protocolos de referencia normalizados para la comunicación entre dos capas homónimas entre sistemas separados.

El objetivo a largo plazo de ISO, es desarrollar una compatibilidad total inter-sistemas, entre los muchos servicios ofrecidos por los proveedores y las redes transportadoras alrededor del mundo.

El modelo OSI particiona las funciones de comunicación en un conjunto de capas o niveles. Cada nivel ejecuta un subconjunto de funciones relacionadas con la comunicación entre diferentes sistemas. El nivel más bajo ejecuta funciones más primitivas y oculta los detalles de estas funciones a los niveles superiores. Idealmente, los niveles podrían definirse de modo que los cambios en un nivel no requiera cambios en otros niveles. Este tratamiento reduce la complejidad del problema, pues debido a la consideración de capas funcionales, existen por cada uno de los problemas más simples y por lo tanto más manejables. A continuación se describe cada uno de los siete niveles del modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos :

- 1. Nivel de control de interconexión física**
- 2. Nivel de control de enlace de datos**
- 3. Nivel de control de red**
- 4. Nivel de control de transporte**
- 5. Nivel de control de sesión**
- 6. Nivel de servicios de presentación**
- 7. Nivel de aplicación.**

Un mensaje entre los usuarios de la red cruza los tres niveles más bajos en cada uno de los nodos del trayecto en la red. Estos tres primeros niveles recomiendan procedimientos para solucionar los requerimientos de conexión entre un ETD y un ETCD, para efectos de realizar la transmisión de mensajes con propósitos prácticos y con un buen grado de confiabilidad.

Los niveles uno a cuatro de OSI conforman el subsistema de transporte. El nivel cuatro revela a las sesiones de cualquier consideración de detalle referente a la norma en la cual se realiza la transferencia de datos.

Los niveles de sesión, presentación y aplicación constituyen los niveles superiores del modelo OSI. A diferencia de los cuatro niveles inferiores, los cuales están fundamentalmente involucrados en proporcionar una comunicación confiable de extremo a extremo, los niveles superiores pretenden proporcionar una serie de servicios orientados al usuario.

Nivel de control de Interconexión Física

Es el más bajo en la estructura y especifica los procedimientos mecánicos, eléctricos y funcionales necesarios para establecer, mantener y liberar conexiones físicas entre el Equipo Terminal de Datos (ETD) y el Equipo de Terminación de Circuitos de Datos (ETCD), o entre dos ETD. Ejemplos de normas para esta capa son las recomendaciones V.24 de CCITT para redes telefónicas y las recomendaciones X.21 en su nivel físico para redes de datos.

Nivel de control de Enlace de Datos

Este nivel establece y mantiene una o más conexiones lógicas entre dos entidades de la red. Proporciona también secuenciación de datos, control de flujo y permite además la detección y corrección de errores.

Nivel de control de Red

Este nivel proporciona el enrutamiento del mensaje, es decir, determina si el mensaje debe enviarse a la sala de transporte en el nodo local o a través de la capa de enlace de datos a otro nodo. Además de enrutar, esta capa segmenta y empaqueta los mensajes para facilitar su transmisión.

Nivel de control de Transporte

Este nivel proporciona el control entre nodos de usuarios a través de la red, por ejemplo, para ir de un nodo a otro nodo es necesario llevar en memoria dos direcciones : el destino final y el destino inmediato. Solo en el último ramo de la red ambos destinos coincidirán. En cada nodo intermedio es necesario tomar la dirección correcta (sabiendo que la ruta es la más conveniente para llegar al destino final). La selección de la ruta depende de diversos factores (existencia, ocupación, costo).

Una conexión de transporte se identifica por un "identificador de punto final de transporte". Una o más conexiones de transporte pueden ubicarse dentro de la misma conexión de red.

Nivel de control de Sesión.

En el nivel de sesión se proporcionan dos clases de funciones : (1) enlace de dos entidades de presentación y (2) control de intercambio de datos, delimitación y sincronización de operaciones entre dos entidades de presentación. Es decir, éste nivel proporciona la inicialización, la terminación, y la recuperación de la sesión, así como la delimitación de los datos y el control del diálogo. Al control de diálogo conciernen los tipos en los cuales los mensajes pueden fluir simultáneamente (dos rutas simultáneas), en sólo una de las dos direcciones a un tiempo dado (dos rutas alternadas) o en una dirección dada (una ruta interactiva). Una sesión es la condición temporal que existe cuando los datos están proceso de ser transferidos ; esto no incluye procedimientos tales como el establecimiento de la llamada, disposición o desconexión. Una sesión se identifica por "identificadores de destino final".

Nivel de servicios de Presentación

A este nivel le concierne la sintaxis y semántica de la información que se transmite. Las funciones de la presentación incluyen formateo de datos, modificación, encriptación/desencriptación de mensajes, procedimientos de diálogo, sincronización, interrupción y terminación. Ejecuta el traslado de conjuntos de caracteres y códigos, además determina los mecanismos de despliegue para todos los mensajes.

Ejemplos de protocolos de presentación son el encriptamiento y el protocolo de terminal virtual. Un protocolo de terminal virtual hace la conversión entre las características de una terminal virtual y una genérica un modelo utilizado por los programas de aplicación.

Nivel de Aplicación

Todos los demás niveles existen en función de brindar soporte a este. El nivel de aplicación proporciona los recursos para los procesos de aplicación para acceder al ambiente OSI. Este nivel contiene funciones de manejo y generalmente, mecanismos útiles para soportar las aplicaciones distribuidas. Una aplicación se compone de procesos que cooperan entre sí y se comunican mediante el uso de protocolos definidos en esta capa. Ejemplos de protocolos en este nivel son la transferencia de archivos y el correo electrónico.

5.3.4 RECOMENDACIÓN X 21

Esta recomendación especifica una interfaz de propósito general para operación síncrona en las redes públicas de datos. Esta recomendación permite transferir cualquier secuencia de bits durante la fase de transferencia de datos. La principal atracción de X 21 es que permite el uso total de las redes de circuitos digitales.

X 21 consiste de tres niveles los cuales corresponden funcionalmente a los tres primeros niveles de OSI. El nivel físico proporciona una interfaz de propósito general que puede ser utilizada por una estación conectada a una red de conmutación de paquetes o conmutación de circuitos.

Nivel Físico

Nivel de Enlace de datos

Nivel de Red

La tabla 5.1 define los circuitos de X 21

Nombre	Dirección a :	Función
Tierra de Señalización		Es un nivel de referencia y lo dos equipos DTE y DCE deben tener el mismo nivel.
Retorno Común DTE	DCE	
Transmisión	DCE	Se utiliza para transportar los datos de los usuarios y la información de control de la red .
Recepción	DTE	Igual que Transmisión, pero en dirección opuesta
Control	DCE	Proporciona información de control al DCE.
Indicación	DTE	Proporciona Indicadores al DTE .
Temporización de elementos de señales	DTE	Proporciona la Temporización de bit
Temporización de Bytes	DTE	Proporciona la Temporización del Byte

Tabla 5.1 Definición de Circuitos de X21

5.3.5 RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (ISDN)

El concepto de la RDSI se puede explicar mejor al considerar los siguientes aspectos :

Evolución.- La evolución de las redes de telecomunicaciones existentes, especializadas en los servicios de transporte y de las redes de comunicación de datos hacia una RDSI se basan en los siguientes desarrollos tecnológicos: la transmisión digital y la conmutación digital. Tradicionalmente los sistemas de transmisión y de conmutación de una red telefónica se diseñan y se administran en organizaciones funcionalmente separadas. Cuando ambos sistemas transmisión y de conmutación son digitales se pueden integrar. Las señales de voz que entran se digitalizan utilizando PCM y se multiplexan usando TDM.

El funcionamiento de la RDSI es el pequeño costo marginal para ofrecer los servicios de datos sobre la red telefónica digital, sin costo o sin pérdida en el rendimiento para el servicio de voz transportados ya sobre una Red digital integrada (RDI).

Interfaz de usuario.- El usuario puede acceder a la RDSI mediante una interfaz local que lo conecta a un canal digital de una cierta velocidad de transferencia. Los canales están disponibles en varios tamaños para satisfacer las diferentes necesidades.

El canal para atender las necesidades del usuario, tiene capacidad física y el tráfico que por el curso puede variar hasta la capacidad límite. De este modo el usuario accede a los servicios de conmutación de circuitos y de conmutación de paquetes, tanto como a otros servicios, en una mezcla dinámica de tipos de señales y de velocidades de transferencia.

Un aspecto importante de la RDSI es que el usuario puede, en cualquier momento, emplear una capacidad menor a la capacidad máxima de canal y cambiarla de acuerdo a la capacidad utilizada en vez del tiempo de conexión.

*Objetivos.-*El desarrollo de la RDSI involucra a gobiernos nacionales, compañías de comunicaciones y de procesamiento de datos, organizaciones de normalización y otros.

Servicios

Esta red soporta una gran variedad de servicios incluyendo las aplicaciones de voz y datos.

5.3.6 SITUACIÓN DE TELMEX

En los últimos seis años , TELMEX ha experimentado una de las más profundas y aceleradas transformaciones. Gracias a importantes inversiones , TELMEX ha dejado de tener equipos gastados y obsoletos, en la actualidad cuenta con una de las infraestructuras más amplias capaz de transmitir señales de voz, datos e imágenes con alta calidad y confiabilidad.

Red Local. - hoy actualmente TELMEX ha incrementado la cobertura y proporciona a más de 9 millones de clientes en más de 20500 poblaciones en el país ; se han sustituido las antiguas centrales analógicas y electromecánicas, algunas con mas de 60 años de servicio, poniendo en operación los servicios digitales de red . con ello la planta telefónica del país, México, Guadalajara y Monterrey son ahora 100 % digitales, mientras que el promedio a nivel nacional es de 87 %.Cada central digital tiene capacidad para manejar hasta 10 mil líneas telefónicas.

La tecnología digital permite proporcionar servicios de telecomunicaciones avanzadas, además de los tradicionales, con una mayor calidad y confiabilidad. Los clientes obtienen más rápidamente tono de marcar y se elimina la posibilidad de cruces o interferencias, ya que todos los sistemas son operados a través de computadoras que emplean software especializado.

Se reconstruyó con nuevos materiales la red local de los distritos telefónicos más dañados por el tiempo. A fin de modernizar la red de telefonía publica y para que los avanzados sistemas digitales operen de manera optima, es necesario que funcionen en forma sincronizada, pues procesan y transmiten información a muy altas velocidades por lo que se requieren umbrales de sincronización muy estrictos, a fin de eliminar la posibilidad de error.

Con el sistema de sincronización de la red, los servicios de transmisión de señales de voz, fax, datos e imagen mejoran significativamente, sino se contara con el al transmitir un fax este se recibiría rayado y borroso, al no existir una relación de sincronía entre las centrales de origen y destino.

Señalización por canal común

A fin de hacer mas eficiente el manejo de las llamadas telefónicas y la transmisión de señales, TELMEX puso en operación en el segundo semestre de 1992 el sistema de señalización por canal común No. 7, que el cual posibilita la optimización de la red telefónica y la introducción de una plataforma de servicios avanzados de telecomunicaciones. El sistema SCC 7 permite por ejemplo que las llamadas telefónicas se establezcan en forma rápida, ya que la información entre centrales se transmite a alta velocidad. Por otra parte, evita el congestionamiento del tráfico telefónico, pues hace que los circuitos de las centrales sean ocupados solo por llamadas exitosas. Si el número esta ocupado o no contestan, las centrales lo comunican entre si a través de un canal común, sin ocupar ningún circuito. Puede decirse que con este sistema se tienen dos redes en lugar de una, una es la red normal y la otra es por donde se transmiten la información entre las centrales.

Para complementar este avance TELMEX instalo 39 centros digitales de trafico avanzado en las principales ciudades del país, con 1420 posiciones digitales computarizadas, que garantizan mayor rapidez, confiabilidad y seguridad en la transmisión de llamadas.

Conclusiones

Como se ha visto a lo largo de este trabajo, la tecnología digital tiene en la actualidad una gran importancia, los avances en la electrónica y en las comunicaciones han hecho posible que la transmisión de voz, que anteriormente se realizaba en líneas analógicas, ahora se realicen sobre sistemas de comunicación digital, como son la fibra óptica. Ahora también con el uso de la computadora, se ha avanzado en este campo, los sistemas computacionales, cobran gran relevancia por el control que realizan en los sistemas telefónicos, el uso de estos sistema hacen posible que la conmutación y la comunicación entre terminales se realice de una manera veloz, en comparación con el sistema de relevadores, que todavía es empleado en algunas ciudades de nuestro país.

El auge que ha tenido el desarrollo de nuevos sistemas de control de tráfico entre líneas a llevado también, a poder realizar las transferencias de datos y voz de manera simultánea.

La transferencia de datos a través de los Módems y, que también es posible realizarlo con los sistemas antiguos, ahora dicha transferencia se realiza de manera más eficaz. Existe menor posibilidad de error en la transmisión, además de que la línea telefónica contiene menor cantidad de ruido, los sistemas anteriores eran mucho más sensibles al ruido, y los sistemas de transmisión requerían de una línea privada para la transmisión de la información digital, lo cual resultaba para el usuario con un costo más alto.

Para el diseño de redes digitales, que puedan integrar voz y datos, es necesario considerar algunos puntos que son importantes, estos puntos son desde el diseño de la topología para la misma red, el protocolo que se va a utilizar, para facilitar el acceso a un sistema digital, estos protocolos requieren forzosamente de medios de transmisión y medios de enlace completamente eficientes, además de apegarse a los estándares internacionales.

Las recomendaciones de CCITT para el acceso a las redes de voz y datos, han llevado a la construcción y desarrollo de centros digitales de tráfico avanzado, dichos centros emplean en la actualidad los sistemas digitales de datos que están a la vanguardia. Estos sistemas, como el PCM y la Señalización por Canal Común No. 7 [CCS 7], (CCITT 7), que se desarrollo en el presente trabajo.

Aunado a esto los sistemas de Multicanalización por División de Tiempo (TDM) que han desplazado casi en su totalidad a los tradicionales FDM. El inconveniente que existe aún es el uso de estos sistemas en redes satelitales, pero aún así siguen siendo más eficientes que los sistemas analógicos.

Bibliografía

- Ahuja, Vijay , *Design and Analysis of Computer Communication Network*, Ed. Mcgraw Hill.
1988
- Bellamy J., *Digital Telephony*, John Wiley and Sons, 1991
- Black U., *Redes de Computadoras*, Macrobite, 1987
- Feher K., *Advanced Digital Communications* Ed. Prentice Hall , 1987
- Freeman R.L., *Telecommunications System Engineering*, John Wiley and Sons, 1989
- Gonzalez S. N., *Comunicaciones. Redes de Procesamiento de Datos*, McGraw Hill ,1990
- Harb M., *Modern Telephony*, Prentice Hall, 1989
- Herrera P.E., *Fundamentos de Ingeniería Telefónica*, Limusa, 1991
- Schwartz M., *Transmisión de Información Modulación y Ruido*, McGraw Hill México 1987
- Schwartz M., *Telecommunications Network: Protocols Modeling and Analysis*, Addison Wesley
Publishing, 1994
- Stremier F.G., *Introducción a los Sistemas de Comunicación*, Addison Wesley, 1993
- Tanenbaum S. Andrew, *Redes de Ordenadores*, Ed. Prentice Hall , 1991
- Wayne T. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, Prentice Hall, México 1996.