

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



"TRANSMISION DIGITAL EN TELECOMUNICACIONES"

POR

ING. HECTOR FRANCISCO CIENFUEGOS FRAUSTO

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE  
LA INGENIERIA CON ESPECIALIDAD EN  
TELECOMUNICACIONES

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

DICIEMBRE, 2000

H.F.C.F.<sup>®</sup>

"TRANSMISSION DIGITAL TELECOMMUNICATIONS"

2

TM  
Z5853  
.M2  
FIME  
2000  
C5

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

TM  
Z5853  
.M2  
FIME  
2000  
C5

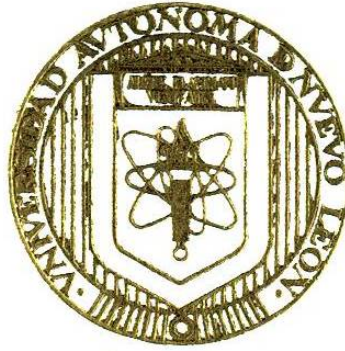
CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL



1020136701

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



"TRANSMISION DIGITAL EN TELECOMUNICACIONES"

**POR**

ING. HECTOR FRANCISCO CIENFUEGOS FRAUSTO

**TESIS**

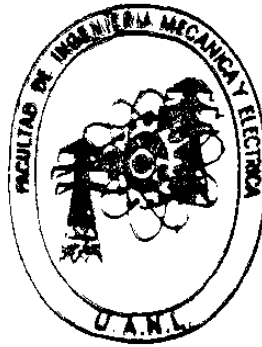
EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE  
LA INGENIERIA CON ESPECIALIDAD EN  
TELECOMUNICACIONES

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.  
DICIEMBRE, 2000



FONDO  
TESIS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**  
**DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO**



**"TRANSMISION DIGITAL EN TELECOMUNICACIONES"**

**POR**

**ING. HECTOR FRANCISCO CIENFUEGOS FRAUSTO**

**TESIS**

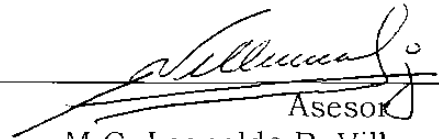
**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE**  
**LA INGENIERIA CON ESPECIALIDAD EN**  
**TELECOMUNICACIONES**

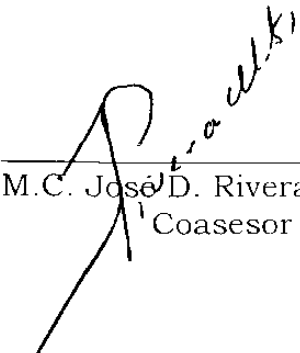
**SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.**  
**DICIEMBRE, 2000**

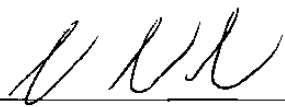
**Universidad Autónoma de Nuevo León**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**  
**División de Estudios de Post-grado**


Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis "Transmisión Digital en Telecomunicaciones" realizada por el Ing. Héctor Francisco Cienfuegos Frausto, matrícula 358227 sea aceptada para su defensa con opción al grado de Maestro en Ciencias de la ingeniería con especialidad en telecomunicaciones.

El Comité de Tesis

  
Asesor  
M.C. Leopoldo R. Villarreal Jiménez

  
M.C. José D. Rivera Martínez  
Coasesor

  
M.C. Ciro Calderón Cárdenas  
Coasesor

  
Vo. Bo.  
M.C. Roberto Villarreal Garza  
División de Estudios de Post-grado

San Nicolás de los Garza N.L. Diciembre 2000.



# **AGRADECIMIENTO**

## **A DIOS,**

Por que en este mundo todo tiene su hora; y un momento para todo cuanto ocurre:

Un momento para nacer y un momento para morir.

Un momento para llorar y un momento para reír.

Un momento para callar y un momento para hablar.

Un momento para intentar y un momento para desistir.

Un momento para destruir y un momento para construir.

Un momento para la guerra y un momento para la paz.

Un momento para estar de luto y un momento para estar de feliz.

Un momento para sembrar y un momento para cosechar.

## **A MIS PADRES,**

Héctor A. Cienfuegos Casanova

Margarita Frausto Torres

Quienes me enseñaron a no dejarme vencer ante la adversidad.

## **A MIS HERMANOS,**

José Gilberto, Leopoldo Rene, Laura Georgina y Lucían margarita.

Que son mi orgullo y motivación en la lucha de cada día por ser mejor.

## **MONICA LOPEZ AYALA**

Por que es con quien quiero vivir el resto de mis días.

## **A MIS MAESTROS**

Muchas Gracias.

# PRÓLOGO

La comunicación es una herramienta fundamental en el actuar cotidiano del hombre. Forma un valuarte que, por su desarrollo y complejidad, se categoriza como indispensable para su interacción.

Las telecomunicaciones, de una apertura contemporánea (apenas poco más de un siglo de existencia), han mejorado significativamente los lazos de unión entre todos los pueblos que conforman la humanidad. Han mellado significativamente en los aspectos de mayor relevancia para el hombre moderno: cultura, economía, política, y demás, otorgándoles el carácter a estas actividades humanas de subordinación dependiente ante la calidad tanto de la información como de su transmisión.

La calidad de la transmisión muestra una topología exponencial creciente desde que Marconi realizará su primera emisión, como consecuencia a un requerimiento tangible y sensible, ya que entre más compleja es la realidad presente, mejor debe ser la precisión sobre la cual la información se transporta, así como mejor deberá de ser la presentación de los datos que la conforman.

Se ha podido corroborar que la información digitalizada, desde Dirac hasta la fecha en que estas líneas son escritas, apoya esta requisición de calidad sobre el medio en el cual se transportan los datos, al discretizar la emisión excedente o innecesaria, llamada típicamente: ruido.

El presente y futuro de las telecomunicaciones está entonces sustentado en las demandas de calidad que el hombre necesita, ante lo cual la Telecomunicación Digital es la herramienta basal del hombre del nuevo milenio.

# CONTENIDO

<b>Síntesis</b>	1
<b>1 Introducción</b>	
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Objetivo	4
1.3 Hipótesis	4
1.4 Límites de Estudio	5
1.5 Justificación	6
1.6 Metodología	6
1.7 Revisión Bibliográfica	6
<b>2 Medios de Transmisión</b>	
2.1 Historia de las Comunicaciones electrónicas	8
2.2 Sistemas de comunicaciones	9
2.2.1 Transmisión Digital	11
2.3 Medios de Transmisión	12
2.3.1 Par Trenzado	13
2.3.2 Cable Coaxial	13
2.3.3 Sistema Infrarrojo	14
2.3.4 Fibra Óptica	16
2.3.4.1 Características de F. O.	16
2.3.4.2 Ventajas y Desventajas de la F:O.	18
2.4 Protocolos	19

### **3 Comunicaciones Digital de Voz**

3.1	Introducción	21
3.2	Comunicaciones Digitales	22
3.3	Modulación Digital	23
3.3.1	Ventajas de los sistemas Digitales	23
3.3.2	Desventajas de los sistemas Digitales	23
3.4	Modulación de Pulsos	24
3.5	Sistema PCM	24
3.6	Técnicas PCM	26
3.7	Elementos de las Técnicas PCM	27
3.7.1	Sistemas Telefónicos PCM	29
3.8	Leyes de Cuantificación	30
3.9	Multiplexon por División de Tiempo	32

### **4 Transmisión de Voz**

4.1	Redes de Voz y sus Servicios	33
4.2	Ventajas de la transmisión digital de voz	34
4.3	Voz Sobre IP	35
4.4	Transmisión de Voz Sobre IP	38
4.4.1	Protocolos	40

### **5 Frame Relay**

5.1	Introducción	44
5.2	¿qué es Frame Relay?	46
5.3	Transmisión de Tramas	48
5.4	Redes de Frame Relay en la actualidad	51
5.5	Protocolos de gestión de enlace y congestión	56
5.6	Implicaciones de Frame Relay	58
5.7	Ventajas y desventajas de Frame Relay	59
5.7.1	Ventajas de Frame Relay	59

5.7.2 Desventajas de Frame Relay	60
5.8 Características Adicionales de Frame Relay	61
<b>6 Mediciones en Sistemas Digitales</b>	
6.1 Conceptos básicos del ambiente digital	65
6.2 Los errores en la información	66
6.3 Tipos de Errores Digitales	57
6.4 Ruido y Distorsión	68
6.5 Errores en la Comunicación	72
<b>7 Corrección de Errores</b>	
7.1 introducción	73
7.2 Fuentes de Errores.	74
7.3 TÉCNICAS DE DETECCIÓN DE ERRORES	74
7.3.1 FORMA DE REDUNDANCIA.	74
7.4 Método del polinomio	78
7.5 Detección y Corrección de Errores	81
7.5.1 Prueba de paridad:	82
7.6 Detección de errores con corrección automática.	84
7.6.1 Técnica Hamming	85
7.6.2 Código de Hagelbarger	88
7.6.3 Código de Convolución	90
7.6.4 Código Bose-Chaudurri	90
7.6.5 Codificación Trellis	91
7.8. Protocolos de detección de Errores	94
7.8.1. Tipos de protocolos.	94
<b>8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
8.1 Conclusiones	96
8.2 Recomendaciones	98

<b>Bibliografía</b>	99
<b>Listado de Figuras</b>	100
<b>Glosario</b>	101
<b>Resumen Autobiográfico</b>	103

# SINTESIS

Hoy en día, la información se ha convertido en todos los ámbitos de la actividad humana en un recurso de alto valor, en el intercambio de información es importante su procesamiento, almacenamiento y distribución, entre los miembros de una empresa comunidad o país.

En los últimos años la transmisión en telecomunicaciones digitales, han eclipsado todo tipo de transmisión tradicional. En las ultimas décadas el avance tecnológico se ha desarrollado a pasos agigantados. La obtención de una transmisión libre de errores, la posibilidad de contrarrestar en una forma muy eficiente, los imprevistos a los que esta expuesto todo sistema de telecomunicaciones, la capacidad de obtener una completa confidencialidad en las transmisiones de radio telefonía, la realización de una verdadera red inalámbrica de servicios integrados son sólo algunas de las ventajas que las técnicas digitales ofrecen con respecto a las análogas.

La apertura comercial de México en el sector de las telecomunicaciones ha generado una gran expectativa en esta área, tanto a nacionales como a extranjeros, en nuestro país se está implementando una infraestructura de red de comunicaciones pública con base en la tecnología Frame Relay y X.25, para ofrecerla en las ciudades de mayor actividad comercial.

Sin embargo, muchas compañías e instituciones han preferido instalar sus propias redes privadas de comunicación. las tecnologías más utilizadas por estas compañías son TDM (Multicanalización por División de Tiempo), X.25, Frame Relay y muy pocas ATM (Modo de Transferencia Asíncrona).

Al momento de diseñar una red es de gran importancia que se tomen en cuenta todas las causas posibles de errores, y al mismo tiempo, como sabemos que es inevitable tener cierta tasa de errores, debemos poner mucha atención en el control de estos errores.

Precisamente, el objetivo de este trabajo es de dar una explicación de las diversas técnicas existentes para la corrección de errores, dando primeramente, una visión general de las diferentes causas que provocan los errores, para posteriormente, enfocarnos en las técnicas Hamming y Hagelbarger.

Veremos una semblanza de lo que es la tecnología de la transmisión de voz sobre IP y Frame Relay, para que el lector pueda darse una idea de lo que es esta tecnología, las implicaciones y los factores que influyen en su puesta en marcha y que esta tesis, le pueda ser útil para orientarse al llevar a cabo, también pueden revisar las referencias bibliográficas, anexos y glosario de términos para consultar mas acerca de estos tema, y se pueda tener una mejor comprensión del mismo para su mejor implementación, con gran éxito.



# **CAPITULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En los últimos años el manejo e intercambio de información a través de las redes ha ido en aumento y actualmente forma parte de nuestra vida diaria; Hoy en día además de las empresas, las computadoras caseras cuentan con acceso a Internet y comparten información en sus diferentes modalidades: voz, video y datos. Independientemente si el uso dado es de entretenimiento, educación, información o comercio electrónico entre otros.

Un sistema de comunicaciones, aún por más perfeccionado que sea su diseño, nunca estará libre de errores. Estos errores nos provocan diversos problemas en la recepción de información, los cuales pueden llegar hasta la pérdida completa de un mensaje.

Las causas de los errores pueden ser por diferentes circunstancias, como el mal funcionamiento de los equipos, configuraciones y conexiones incorrectas y hasta las condiciones ambientales.

Los costos de las empresas, del tiempo que el sistema de red permanece fueran, pueden verse afectadas en grandes cantidades de dinero.

Es por esto la importancia de hacer un análisis de calidad en el sistema de telecomunicaciones, en general se desea que no existan errores en la comunicación, que esta sea lo mas clara posible para el caso de señales de voz, video y datos.

Pero dadas las necesidades actuales para la transmisión de la misma, las empresas buscan que se realice en una forma íntegra, confiable y rápida. Optimizando así sus recursos y reduciendo sus costos.

## **1.2 OBJETIVO**

En esta tesis analizarán los beneficios de unificar los sistemas de transmisión digital de información, evaluando aspectos tales como: el almacenamiento, procesamiento y distribución de la misma, en sus modalidades de voz, video y datos. La finalidad es de dar una explicación de las diversas técnicas existentes para la corrección de errores, dando primeramente, una visión general de las diferentes causas que provocan los errores, para posteriormente, enfocarnos en las técnicas Hamming y hagelbarger.

Se hará un análisis de calidad en los sistemas de telecomunicaciones, de cómo pueden tener un funcionamiento correcto.

### **1.3 HIPÓTESIS**

Al estandarizar los sistemas digitales de información deberán verse reducidos los costos de instalación, mantenimiento y operación de las actuales redes actuales.

En general se desea que no existan errores en la comunicación y que esta sea lo mas clara posible para el caso de señales de voz, video y datos.

Si se hace una verificación del funcionamiento correcto mediante procedimientos y estrategias de medición para detectar tipo de error y sus posibles causas, se podrá prever un buen funcionamiento del sistema de telecomunicaciones.

### **1.4 LÍMITES DE ESTUDIO**

Se analizarán los actuales sistemas de comunicación digital, como sus medios de transmisión, las diferentes técnicas de detección y corrección de errores, así como un análisis de calidad en sistemas de comunicación que se refiere a la verificación del funcionamiento correcto para la transmisión digital en telecomunicaciones.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

Dado el creciente impacto que ha experimentado el área de las telecomunicaciones y de que hoy en día el intercambio de información juega un papel relevante, esta tesis pretenderá auxiliar a todos aquellos que requieran conocer un sistema de corrección de errores digital de manera eficiente. Además permitirá evaluar la tendencia que existe hacia la unificación de los sistemas de transmisión Frame Relay.

Así mismo podrá utilizarse como material académico de apoyo en clases de licenciatura o post-grado que involucren elementos de comunicaciones digitales y corrección de errores.

## **1.6 METODOLOGÍA**

- Recopilar la información a través de libros de texto, revistas técnicas, apuntes, material de cursos, conferencias, Internet, etc.
- Se analizará la información recopilada para construir el marco teórico.
- Evaluación los sistemas utilizados por algunas empresas líderes a través de encuestas.
- Conclusión de la hipótesis planteada.

## **1.7 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Las similitudes de esta tesis con otros estudios es que los equipos, las configuraciones, son utilizados son internacionales, pudiendo adaptar esta tecnología al mercado mexicano, de esta manera podemos apoyarnos

con otras empresas dentro y fuera del país, para la revisión de equipo, configuraciones, o maneras adecuadas para la perfecta conectividad

De las diferencias es que los textos se enfocan al mercado norteamericano, con protocolos y estándares que en ocasiones, no son compatibles en nuestro país. Aquí se adapta estas tecnologías con los estándares, protocolos, que se encuentran en nuestra región, apoyándonos en los foros de discusión que existen en la Internet con respecto al tema.

# **CAPÍTULO 2**

## **MEDIOS DE TRANSMISIÓN**

### **2.1 HISTORIA DE LA COMUNICACIÓN ELECTRÓNICA**

La comunicación electrónica tiene su inicio a mediados del siglo XIX con el físico inglés James Clerk Maxwell. Él, predijo que era posible propagar ondas electromagnéticas por el espacio libre utilizando descargas eléctricas. Sin embargo la propagación de ondas fue lograda hasta 1888 cuando Heinrich Hertz, científico alemán pudo radiar energía electromagnética desde una máquina que llamaba oscilador. Hertz desarrolló el primer transmisor de radio y, haciendo uso de estos aparatos, pudo generar radio frecuencias entre 31 Mhz. y 1.25 Ghz. También desarrolló la primer antena rudimentaria, la cual se utiliza de manera modificada hoy en día.

En 1892 E. Branly, de Francia desarrolló el primer detector de radio y, exactamente un año después un experimentado ruso, A.S. Popoff, grabó ondas de radio emanadas de relámpagos.

El primer sistema de comunicaciones electrónicas fue desarrollado en 1837 por Samuel Morse, utilizando la inducción electromagnética pudo transmitir información en forma de puntos, guiones y espacios a través de un cable mecánico, este invento es conocido como telégrafo.

En 1876 un canadiense educador y terapeuta del lenguaje, llamado Alexander Graham Bell y su asistente Thomas A. Watson transmitieron exitosamente una conversación humana a través de un sistema telefónico funcional usando cables metálicos como medio de transmisión.

En 1894, Guglielmo Marconi un joven científico italiano logró las primeras comunicaciones electromagnéticas inalámbricas cuando transmitió señales de radio a tres cuartos de milla por la atmósfera de la tierra. Alrededor de 1896 Marconi transmitía señales de radio hasta dos millas desde los barcos a tierra y en 1899 envió el primer mensaje inalámbrico por el canal de la mancha, de Francia a Inglaterra.

Lee Deforest inventó el tubo de vacío de triodo en 1908 lo cual permitió la primera amplificación práctica de señales electrónicas. La emisión regular de la radio se inicia en 1920 cuando las estaciones de radio AM (amplitud modulada) WWJ en Detroit, Michigan y KDKA en Pittsburg, Pensilvania comenzaron las emisiones comerciales. En 1933 el mayor Edwin Howard Armstrong inventó la frecuencia modulada (FM), y la emisión comercial de las señales FM comenzó en 1936.

En 1948, se inventa el transistor en los laboratorios de teléfonos Bell por William Shockley, Walter Brattain y John Bardeen. Mismo que llevo al desarrollo y refinamiento del circuito integrado en la década de 1960.

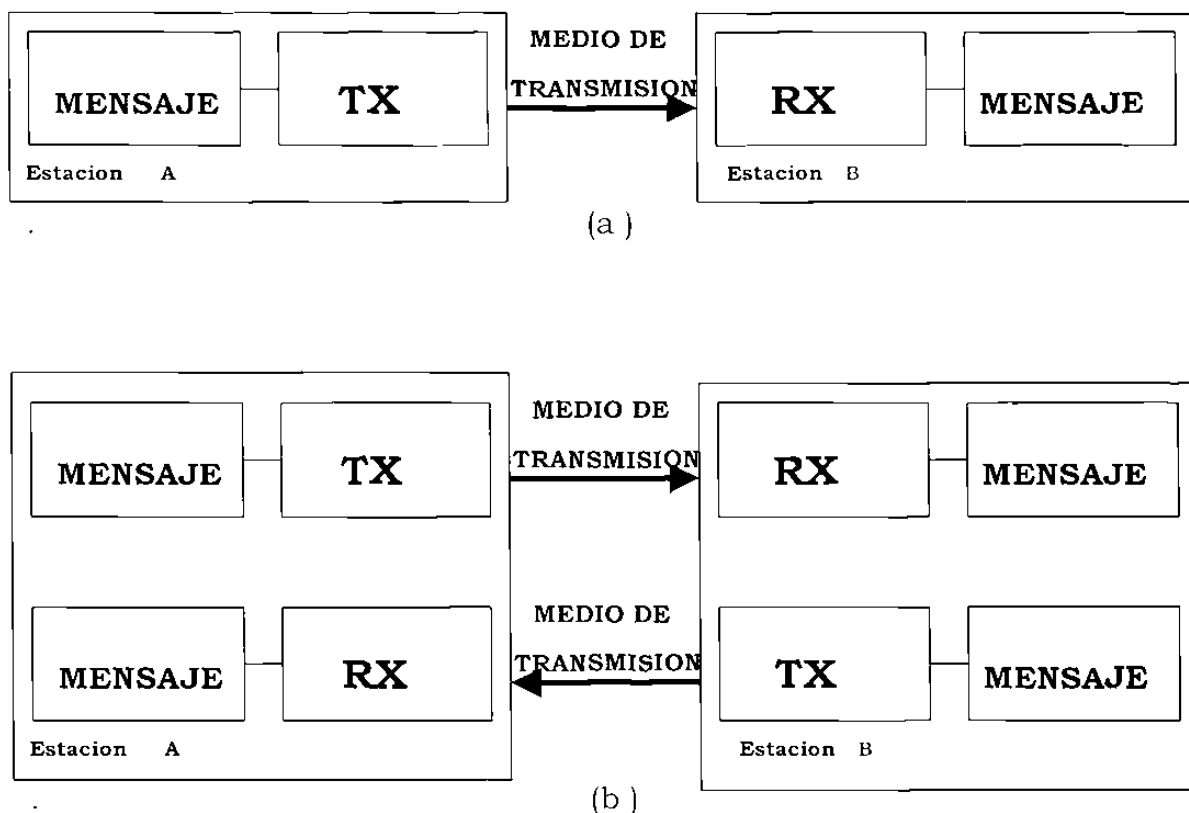
Aunque los conceptos generales de las comunicaciones electrónicas no han cambiado mucho desde su comienzo, los métodos por los cuales

estos conceptos se han implementado han sufrido cambios dramáticos y sorprendentes recientemente. No hay realmente límites sobre las expectativas para los sistemas de comunicaciones electrónicas del futuro.

## **2.2 SISTEMAS DE COMUNICACIONES**

Las partes fundamentales de las comunicaciones electrónicas son la transmisión, recepción y el medio de transmisión para el procesamiento de la información usando circuitos electrónicos. Estas pueden darse en forma analógica (proporcional ó continua) como la voz humana, información sobre una imagen de video o música, o en forma digital (etapas discretas) como números codificados en binario, códigos alfanuméricos, símbolos gráficos, códigos operacionales del microprocesador o información de base de datos. Toda la información será convertida a energía electromagnética antes de propagarse a través de un sistema de comunicaciones electrónicas.





**Figura 2.1** Diagrama de bloques simplificado de un sistema de comunicaciones: a) de solo una dirección; (b) Ambas direcciones.

En la figura 2.1 se muestra un diagrama de bloques simplificado de un sistema de comunicaciones electrónicas mostrando la relación entre la información de la fuente original, el transmisor, el medio de transmisión, el receptor y la información recibida en el destino.

Se puede apreciar que un sistema de comunicaciones electrónicas consta de tres secciones primarias: un transmisor, un medio de transmisión y un receptor. La tarea del transmisor es convertir la información original de la fuente a una forma más adecuada para su transmisión, mientras tanto el medio de transmisión proporciona un

medio de conexión entre transmisor y receptor (pudiendo ser cable coaxial, par trenzado, fibra óptica ó espacio libre) y finalmente el receptor convierte la información recibida a su forma original y la transfiere a su destino.

### **2.2.1 Transmisión Digital**

Una vez que se tiene constituida la señal digital, es necesario adecuarla a las características del medio de transmisión. Para lo anterior se hace una transformación en el código de la señal pasando aun código de línea.

Entre los códigos de línea existen varios tipos, los cuáles proporcionan a la señal distintas características. Existen códigos, binarios, ternarios, cuaternarios etc. Sin embargo, los más empleados para transmisión son ternarios destacando el HDB 3 para velocidades hasta 50 Mbit/s y CMI para velocidades de hasta 140 Mbit/s.

El objetivo de este código de línea es modificar algunas características eléctricas de la señal como las siguientes:

- Eliminar la componente de directa, ya que la señal debe de pasar a través de transformadores de acoplamiento, que no permiten el paso de señales de directa.
- Eliminar la posibilidad de una secuencia grande de ceros, para evitar problemas en la sincronización
- Adecuar el espectro de potencia de la señal para una mejor respuesta ante la atenuación para una mejor detección de errores.

Una vez vista la necesidad el empleo de los códigos de línea, pasemos a escribir algunas características del medio de transmisión.

## **2.3 MEDIOS DE TRANSMISIÓN**

Si el objetivo es transportar una corriente en bits en bruto de una máquina a otra, podemos elegir entre varios medios físicos para la transmisión real, cada uno con su propio nicho en términos de ancho de banda, retardo, costo y facilidad de instalación y mantenimiento. Estos medios se agrupan en “guiados” como: cable de cobre y fibra óptica y “no guiados” como: la radio y el láser a través del aire.

### **2.3.1 Par trenzado**

Es el medio de transmisión más viejo y el más común es el par trenzado, el cual está compuesto por dos alambres de cobre aislados, por lo regular de 1mm de grueso. Los alambres se trenzan en forma helicoidal. El propósito de torcer los alambres es reducir la interferencia eléctrica de pares similares cercanos.

Los pares trenzados se pueden utilizar tanto en transmisiones analógicas como digitales. El ancho de banda depende del grosor del cable y de la distancia. Son utilizados ampliamente debido a su rendimiento adecuado y bajo costo.

### **2.3.2 Cable Coaxial**

El cable coaxial se compone de un cable de cobre rígido como núcleo, rodeado por un material aislante. El aislante está forrado con un conductor cilíndrico que con frecuencia es una malla de tejido fuertemente trenzada, el conductor externo se cubre con una envoltura protectora de plástico.

Tiene mayor blindaje que el par trenzado, por lo que puede abarcar tramos más largos a velocidades mayores. Son dos las clases de cables coaxiales más utilizados: para una transmisión digital se utiliza un cable coaxial de 50 ohms y para una transmisión analógica se usa uno de 75 ohms.

La construcción y el blindaje del cable coaxial le brindan una buena combinación de elevado ancho de banda y excelente inmunidad al ruido.

### **2.3.3 Sistemas infrarrojo**

Los sistemas infrarrojo de corta apertura funcionan de manera similar a los controles remotos de los televisores: el emisor debe orientarse hacia el receptor antes de transferir información, lo que limita un tanto su funcionalidad. Por ejemplo, resulta muy complicado utilizar esta tecnología en dispositivos móviles, pues el emisor debe reorientarse constantemente. Por otra parte, este mecanismo permite enlaces punto a punto exclusivamente.

Los sistemas de gran apertura permiten la información en ángulo mucho más amplio por lo que el transmisor no tiene que estar alineado con el receptor. Una topología muy común para redes locales

inalámbricas basadas en esta tecnología, consiste en colocar en el techo de la oficina un nodo central llamado punto de acceso, hacia el cual dirigen los dispositivos inalámbricos su información, y desde el cual ésta es difundida hacia esos mismos dispositivos.

Desgraciadamente la dispersión utilizada en este tipo de red hace que la señal transmitida rebote en techos y paredes, introduciendo un efecto de interferencia en el receptor, que limita la velocidad de transmisión:

La tecnología infrarrojo cuenta con muchas características sumamente atractivas para utilizarse en WLANs: el infrarrojo tiene una longitud de onda cercana a la de la luz y se comporta como ésta (no puede atravesar objetos sólidos como paredes, por lo que es inherentemente seguro contra receptores no deseados); debido a su alta frecuencia, presenta una fuerte resistencia a las interferencias electromagnéticas artificiales radiadas por dispositivos hechos por el hombre (motores, luces ambientales, etc.); en línea de vista se pueden alcanzar grandes velocidades de transmisión, de hecho, se han desarrollado sistemas que operan a 100 Mbps; la transmisión infrarrojo con láser o con diodos no requiere autorización especial en ningún país (excepto por los organismos de salud que limitan la potencia de la señal transmitida); utiliza componentes sumamente económicos y de bajo consumo de potencia, una característica importante en dispositivos móviles portátiles.

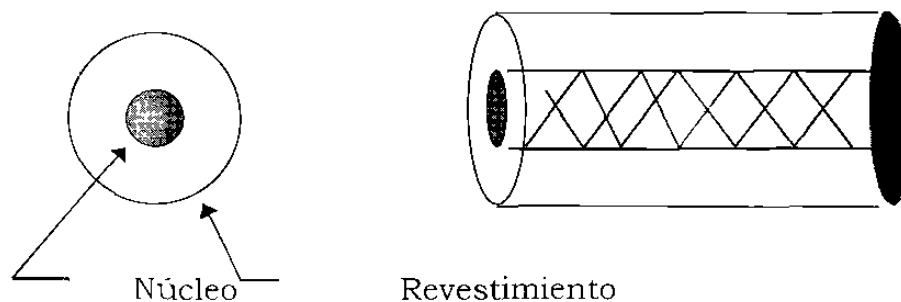
Entre las limitaciones principales que se encuentran en esta tecnología se pueden señalar las siguientes: es sumamente sensible a objetos móviles que interfieren y perturban la comunicación entre emisor y receptor; las restricciones en la potencia de transmisión limitan la

cobertura de estas redes a unas cuantas decenas de metros; la luz solar directa, las lámparas incandescentes y otras fuentes de luz brillante pueden interferir seriamente la señal.

#### 2.3.4 Fibra óptica

La fibra óptica constituye uno de los avances más importantes dentro de las REDES de comunicación. Las fibras ópticas son filamentos, generalmente de forma cilíndrica, que consisten en un núcleo de vidrio y un revestimiento de plástico como se muestra en la figura 2.2

- NÚCLEO (CORE)-. Es la sección a través de la cual viaja el haz de luz.
- REVESTIMIENTO (CLADDING)-. Es la capa que rodea al núcleo. Su función principal es reflejar la luz hacia el centro de la fibra atrapándola en el núcleo.



**Figura 2.2** composición de la fibra óptica

### **2.3.4.1 Características de la fibra óptica**

- ✓ Velocidades hasta 2.5Gb/seg.
- ✓ Altamente confiable con poca atenuación.
- ✓ Se puede Transmitir: voz, datos y video.
- ✓ Las topologías más usadas son: anillo y estrella.

Tanto el núcleo (core) como el revestimiento (cladding) están formados de vidrio y plástico. Con la combinación de estos materiales se forman tres tipos de Fibra Óptica:

- a) Núcleo de plástico con revestimiento de plástico,
- b) Núcleo de vidrio con revestimiento de plástico,
- c) Núcleo de vidrio con revestimiento de vidrio.

En comparación con el vidrio las fibras de plástico son más económicas y flexibles. Además son más fáciles de instalar y conectar, resisten grandes tensiones en comparación con las fibras de vidrio. Como desventaja principal está la mala transmisión de la luz, esto ocasiona grandes pérdidas por lo que se recomienda el uso del vidrio para el núcleo de la fibra.

En un sistema de fibras ópticas, se unen tres partes para llevar a cabo esta tarea de comunicación: una fuente de luz (transmisor), una fibra óptica y un detector de luz (receptor). La fuente de luz puede ser de un diodo semiconductor láser o de un diodo emisor de luz (LED). Las fibras ópticas pueden ser de un tamaño corto como 1m. o uno largo como de 10 km. El detector de luz puede ser un fotodiodo PIN (Positive Intrinsic Negative) o un APD (Avalanche Photodiode).

Un sistema de Fibras Ópticas simple, convierte una señal eléctrica a una señal de luz dentro de una fibra óptica y entonces captura la señal en el final cuando es reconvertida en una señal eléctrica.

Son dos los tipos de modulación de onda posibles: Analógica y Digital. En la modulación analógica la intensidad de la luz irradiada por el láser o el LED es variablemente continua. La modulación digital es de forma contraria.

#### **2.3.4.2 Ventajas y desventajas de la fibra óptica**

Las ventajas más notables son aquéllas derivadas del gran ancho de banda y de las bajas pérdidas de la fibra óptica. Existen otras ventajas motivadas por las propiedades físicas de la fibra óptica. Por ejemplo, la inmunidad a la interferencia inductiva o eléctrica, la cual la hace idónea para enlaces de telemetría o de datos en ambientes adversos.

El empleo del láser y de los LEDS en la comunicación con fibra óptica abre una ventana del espectro electromagnético en frecuencias 10 mil veces superiores a las mayores empleadas en las transmisiones de radio, ya que la capacidad potencial de información se incrementa de modo directamente proporcional a la frecuencia, el láser hace que sea posible transmitir  $10^{14}$  bps.

Puesto que intrínsecamente las pérdidas de las fibras ópticas son bajas (menos de 2.5 dB/Km. a 0.85 micrómetros y 0.5 dB/Km. a 1.3 micrómetros en las disponibles en el mercado) el distanciamiento entre repetidores resulta multiplicado en comparación con el exigido por los cables metálicos en condiciones de tráfico análogas. En la actualidad se



han superado los 200 Km. entre los puntos de repetición en condiciones experimentales a velocidades de hasta 90 Mb/seg., y se han alcanzado mas de 161 Km. para 480 Mb/seg.

La configuración de los campos electromagnéticos que se propagan en la fibra óptica es tal que, en la practica, se produce un completo aislamiento con el exterior. Así pues, las fibras ópticas no contribuyen a interferir en otros sistemas, y a la inversa, son inmunes a las interferencias originadas por otros portadores.

## **2.4 PROTOCOLOS**

Un protocolo es un conjunto de procedimientos establecidos que permiten a las computadoras comunicarse entre sí. Para la adecuada comunicación, ambas tanto la computadora central ó servidor como la estación de trabajo deberán de usar los mismos protocolos. La mayoría de los fabricantes de equipos de computo siguen de alguna manera algún protocolo reconocido con el propósito de hacer su producto utilizable con productos de otros fabricantes.

Existen protocolos de dos niveles en las conexiones de una computadora central a una estación de trabajo. Los protocolos de nivel más bajo se enfocan primordialmente a la conexión física (Hardware) de 2 dispositivos y los protocolos de alto nivel que permiten la transmisión de la información de manera confiable. Ambas clases de protocolos finalmente controlan el flujo de información a través del medio de comunicación. Al hablar de protocolos es indispensable definir los conceptos de DTE y DCE :

DTE (Data Terminal Equipment) o ETD (Equipo Terminal de Datos).- Es un dispositivo que recibe y envía información, esto es una estación de trabajo o computadora.

DCE (Data Communication Equipment) o ECD (Equipo de Comunicación de Datos).- Son dispositivos y recursos que permiten comunicar los DTE's por ejemplo un MODEM.

La conexión física entre un DTE y un DCE esta definida por un protocolo de hardware, en este aspecto existen 2 organizaciones internacionales dedicadas a la estandarización de dichos protocolos. Estas son el EIA (Electronic Industry Association) y la UIT. La importancia de la estandarización radica en la capacidad de conexión con equipos diferentes que manejan los mismos estándares de comunicación.

Uno de los estándares más populares para la comunicación de los equipos es el RS-232C de la EIA, este estándar define funciones de circuitos eléctricos para 25 pines que comúnmente se implementan en un conector tipo "DB".

CSMA/CD : Es un protocolo para el estandar 802.3 de ethernet y el esquema CSMA/CD (Carrier Sensing Multiple Access/Collision Detection) presenta un medio común de comunicación (generalmente un BUS). Como el medio de comunicación es compartido, todas las estaciones tienen la misma oportunidad de transmitir su información, a reserva de que el canal este libre para el envío. Este esquema permite detectar cuando 2 o más estaciones intentan utilizar el medio al mismo tiempo (COLISION), permitiendo además corregir este problema imponiendo un lapso de espera para algunas de las estaciones involucradas, mientras una de ellas este utilizando el medio de transmisión.

# **CAPÍTULO 3**

## **COMUNICACIÓN DIGITAL DE VOZ**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Si se desea transmitir información a partir de varias fuentes por medio de un mismo medio de transmisión común, ésta debe combinarse en una señal de información compuesta, a este proceso se le llama multicanalización, y al proceso contrario, esto es, separar la información se le conoce como desmulticanalización.

Un sistema de comunicación analógico es aquel en que la energía electromagnética se transmite y se recibe en forma analógica (una señal que varía continuamente como una onda senoidal ).

Los sistemas de radio convencional utilizan técnicas de modulación analógicas, como la modulación de amplitud (*Amplitud Modulada*, AM), la

modulación de frecuencia (*Frecuencia Modulada*, FM), y la modulación en fase (*Fase Modulada*, PM).

Dichos sistemas de comunicación convencional se están reemplazando, poco a poco, por sistemas de comunicaciones digitales, los cuales ofrecen varias ventajas sobre los sistemas analógicos tradicionales:

- Facilidad de procesamiento
- Facilidad de multicanalización
- Inmunidad al ruido

### **3.2 COMUNICACIONES DIGITALES**

El término comunicación digital abarca una área extensa de técnicas de comunicaciones incluyendo la transmisión digital y la radio digital.

La transmisión de pulsos digitales, entre dos o mas puntos, de un sistema de comunicación se le llama transmisión digital, en donde la información de la fuente original puede ser en forma digital o analógica, si está en forma analógica tiene que ser convertida a pulsos digitales antes de la transmisión, para convertirla de nuevo en forma analógica en la parte receptora, este proceso puede ser por medio de módems.

Los sistemas de transmisión digital requieren de un elemento físico, entre el transmisor y el receptor como medio de transmisión.

### **3.3 MODULACIÓN DIGITAL**

Durante los últimos años, el avance en las telecomunicaciones ha experimentado cambios tecnológicos notables. Las técnicas de modulación convencional (AM, FM y PM), han quedado atrás, para abrir paso a las técnicas de modulación digitales, debido a que este tipo de sistemas presentan algunas ventajas destacables sobre los sistemas analógicos tradicionales tales como:

#### **3.3.1 Ventajas de los sistemas digitales**

- ✓ Inmunidad al ruido.
- ✓ Los pulsos digitales son más fáciles de procesar debido a su multicanalización.
- ✓ Utilizan la regeneración de señal en lugar de amplificación de señal por lo que producen un sistema resistente al ruido.
- ✓ Las señales digitales son más simples de monitorear, medir y evaluar; por ejemplo la detección y corrección de errores.
- ✓ Facilidad de multicanalización

#### **3.3.2 Desventajas de los sistemas digitales**

- ✓ Estos sistemas requieren más ancho de banda que la analógica.
- ✓ La señal analógica debe convertirse antes de su transmisión a digital, y una vez recibida, convertirse de nuevo de digital a analógica.
- ✓ Requiere de sincronización precisa del tiempo, entre los relojes del transmisor y receptor.

### **3.4 MODULACIÓN DE PULSOS**

La transmisión digital es la transmisión de pulsos discretizados entre dos o más puntos. La capacidad de información es el número de estos pulsos discretizados (bits) que se pueden intercambiar a través del sistema en una unidad de tiempo determinada. La modulación de pulsos incluye muchos métodos diferentes, para convertir información a forma de pulsos para transferir pulsos de una fuente a un destino. Los cuatro métodos predominantes son:

- (PCM) Modulación de pulsos codificados.
- (PWM) Modulación de ancho de pulso.
- (PPM) Modulación de posición de pulsos.
- (PAM) Modulación de amplitud de pulsos.

La modulación de pulsos de pulsos codificados (PCM), es la única de las técnicas de modulación de pulsos codificados, anteriormente mencionadas que se usan en un sistema de transmisión digital.

### **3.5 SISTEMA PCM**

#### **3.5.1 Introducción**

El sistema PCM fue patentado en 1939 por el Sr. Alec Reeves, quien en ese tiempo fuera un ingeniero de laboratorio de la compañía Internacional de Telefonía y Telegrafía (ITT) en Francia.

Él propuso una técnica, en la cual se involucraba el muestreo de una señal a intervalos de tiempo regulares, y la codificación, en una secuencia de pulso, con valor de amplitud media.

En el receptor los números binarios fueron usados para reconstruir la señal analógica original.

El sistema PCM es dependiente de tres operaciones separadas y sucesivas, a saber: muestreo, cuantificación y codificación.

La amplia expansión en la introducción del equipo de transmisión digital dentro de las redes telefónicas no fue tan rápida hasta que la patente original francesa fue lanzada en 1939.

Muchos de los trabajos relacionados con esta nueva tecnología fueron aportados en los Estados Unidos, donde los laboratorios Bell produjeron diversos sistemas experimentales basados en bulbos codificadores. Estos experimentos resultaron voluminosos y demasiado caros para su producción.

La disponibilidad de los económicos transistores cambió considerablemente el costo de los codificadores PCM y los multiplexores TDM.

Como resultado de esto, en 1962 comenzó la producción en gran escala de los sistemas de transmisión Bell de jerarquía de primer orden, en la Corporación Americana de telefonía y telegrafía (ITT).

Desde la introducción de los baratos circuitos integrados (IC's) se aseguró un lugar firme para los equipos digitales dentro de las redes telefónicas. Hoy en día el uso de los sistemas PCM es extenso tanto en América, como en Europa y Japón. En conjunto, algunos países han realizado inversiones mayores en equipo digital para sus redes nacionales de telefonía.

### 3.6 TÉCNICAS DE PCM

La técnica PCM (modulación de pulsos codificados) es utilizada para la digitalizar la voz, representando las muestras instantáneas de las mismas mediante un tren de pulsos en serie. Con PCM, los pulsos son de longitud fija y amplitud fija, es un sistema binario; un pulso o ausencia de pulsos, dentro de una ranura de tiempo preescrita representa ya sea una condición lógica 1, ó de lógica 0. Con la modulación por pulsos ondulatorios (PWM), la modulación de posición de pulsos (PPM), o bien la modulación de amplitud de pulsos (PAM), un solo pulso no representa un dígito binario sencillo (BIT).

La técnica de transmisión digital permite que la capacidad de los canales en cables existentes sean incrementada de 1 a 30 (para los sistemas PCM 30).

Esta función es muy atractiva para las compañías de teléfonos, pues esto permite que las rutas existentes sean gradualmente incrementadas en su capacidad cuando sea requerido. Más aún, se podrá evitar la necesidad de instalaciones costosas y tardadas.

Actualmente, en el ámbito de la telefonía se tienen principalmente dos disciplinas distintas; Transmisión y Conmutación; Un ingeniero, por lo regular, trabaja en alguna de estas dos áreas, pero no en ambas.

Debido a la introducción del PCM, y a su estructura digital, esta situación está cambiando. Esto debido a que tanto un área como la otra trabaja con PCM y tienen problemas comunes.



El concepto de Central Digital es un término usado para expresar la técnica de conmutación donde la señal de información PCM y los pulsos de señalización usan como medio de transporte la misma estructura de multiplexación, conocida como Trama.

De esta forma el circuito de conmutación sabe que secuencia de pulsos dentro de la Trama PCM pertenecen al canal #1, al canal #2, etc; entonces las unidades de señalización son capaces de detectar los pulsos asociados a la misma, así como los comandos bajo los cuales cada uno de los canales multiplexados será conmutado a su destino.

La primera central de conmutación digital fue instalada en 1969 por la British Post Office, en Moorgate, usando un equipo diseñado por la *Standard Telephone and Cables* (SCT), subsidiaria en la ITT. Desde esa fecha diversas centrales digitales han entrado en operaciones con considerables sencillez, y tal parece que este tipo de centrales marcarán la pauta a seguir en el futuro.

### **3.7 ELEMENTOS DE LA TÉCNICA PCM**

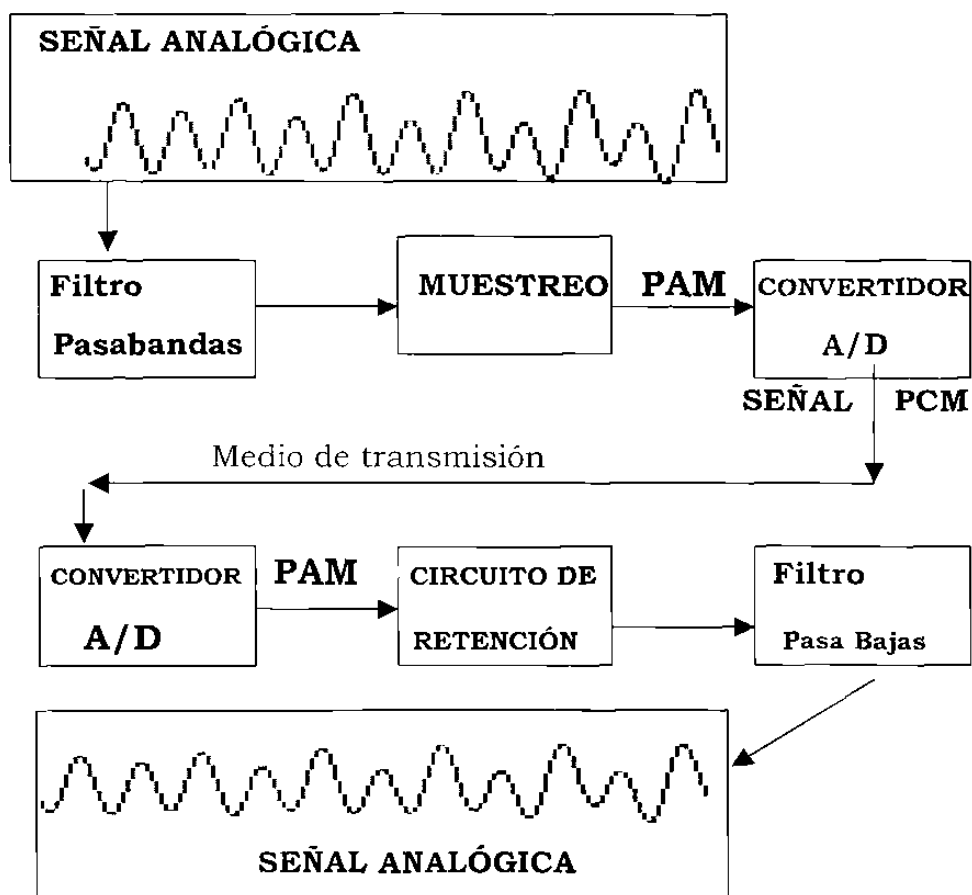
En consideración al deterioro de que una señal sufre debido al empleo de la técnica PCM, es necesario analizar los elementos y etapas involucrados en este proceso.

Primeramente, la señal análoga de voz se limita en su banda de frecuencias utilizando un filtro paso banda (de 300 a 3400Hz ). Este intervalo de frecuencia se determinó en base a estudios que demostraron que aquí se concentrará la mayoría de la información necesaria para hacer entendible y apreciable una señal de voz.

Como paso siguiente, se muestra a esta señal analógica para generar un tren de pulsos con amplitud modulada (señal PAM).

Estas amplitudes son cuantificadas y convertidas en señales digitales mediante un codificador, y son transmitidas a través de un medio adecuado para esta transmisión digital.

En el receptor, la señal digital es decodificada y las amplitudes cuantificadas se regeneran para reconstruir una aproximación de la señal original. La señal reconstruida se filtra para suavizar su forma de onda, removiendo las armónicas, con el fin de obtener una representación lo más fiel que sea posible de la señal original.



**Figura 3.1** Diagrama de bloques de un sistema PCM simplificado

En la figura 3.1 muestra, el sistema PCM sencillo de un solo sentido, el filtro pasa-bandas limita a la señal analógica de entrada a la proporción de la frecuencia de banda de voz estándar, de 300 a 3000Hz. El circuito de muestreo y retención periódicamente prueba la entrada de información analógica y convierte esa muestra en una señal PAM de multinivel. El convertidor analógico digital (ADC) convierte las muestras PAM, a un flujo de datos binarios seriales para la transmisión. El medio de transmisión, puede ser un cable metálico o fibra óptica.

En el lado de recepción, el convertidor digital analógico (DAC), convierte el flujo de datos binarios seriales a una señal PAM multinivel.

El circuito de retención y el filtro pasa-bajas convierte la señal PAM nuevamente en su forma analógica original. Un circuito integrado que realiza la codificación y la decodificación de PCM, se llama un codec (codificador / decodificador).

### **3.7.1 Sistemas Telefónicos PCM**

Estos sistemas se refirieren a los sistemas telefónicos específicamente, donde se encuentra que las señales de voz se limitan a 3400 Hz.

Esta frecuencia se determinó en base a estudios que demostraron que en ese intervalo de frecuencias se concentra la mayoría de la información disponible en una señal normal de voz; además de permitir una utilización eficiente de las líneas de transmisión existentes previas al empleo de la técnica PCM.

La frecuencia de muestro que se utiliza en los sistemas de telefonía digital es de 8 KHz. Siendo un poco más del doble exigido por Nyquist, esta frecuencia de muestreo permite el empleo de filtros más sencillos y baratos que no necesitan tener una característica de corte abrupta, con el fin de recuperar eficientemente a la señal muestreada.

### **3.8 LEYES DE CUANTIFICACIÓN**

En virtud de que las muestras de amplitud de la señal original van a ser representadas por números binarios, es necesario establecer la cantidad de valores que podrán ser descritos.

Esto significa, en la práctica, que se establecerán ciertos límites entre los cuales la señal será representada por un solo número binario asignado por el codificador.

Por ejemplo, si se tiene un intervalo cuyos límites sean 1.0 a 1.5 y a este intervalo se le asigna un cierto número binario, entonces todos los valores de la señal muestreada que se encuentren entre esos límites, se les asignará el mismo número binario.

A cada intervalo se le denomina paso de cuantificación, y a los límites de cada paso se les llama valores de decisión. El número de pasos de cuantificación está determinado por el número de bits que formarán la palabra digital con la que ha de representarse cada valor de amplitud.

En la práctica en los sistemas de PCM utilizan 8 bits. Lo que genera 256 posibles valores para la señal muestreada ( $2^8 = 256$ )

Al asignar a un conjunto de valores de la señal muestreada un mismo valor digital, es obvia la consecuencia de la generación de un cierto error.

A este error se le conoce como error de cuantificación. El valor máximo posible de este error es igual a la mitad de un paso de cuantificación

Volviendo al ejemplo anterior, del intervalo con límites 1.0 y 1.5, el valor medio del intervalo es 1.25. entonces, si una señal está por encima de 1.25. se le asigna el valor digital correspondiente a 1.5, y el error máximo posible puede ser entonces de 1.25, y al asignársele el valor digital de 1.5, se habrá obtenido el error de cuantificación máximo, para este caso de un valor igual a 0.25

En el receptor al decodificar la señal PCM se encontrará que el valor original de 1.25 ahora será considerado como 1.5, de donde se observa la necesidad de disminuir este error de cuantificación.

Es necesario hacer notar que siempre existirá un cierto valor al cual se le asigne el valor binario máximo, a este valor se le denomina capacidad de carga del codificador.

Aquí notamos la necesidad de limitar la amplitud máxima de la señal a codificar, pues si la señal excede a la capacidad de carga del codificador, entonces el error de cuantificación no se limitará a la mitad de un intervalo de cuantificación y podrá ser mayor aún.

Tal como se mencionó anteriormente, se cuenta con 256 niveles de decisión derivados del empleo de palabras de 8 dígitos binarios en los sistemas PCM usados actualmente.

Estos 256 niveles están organizados en 128 (Del 0 al 127) niveles positivos, y 128 niveles negativos (del 128 al 256).

No es difícil imaginarse que para valores pequeños de la señal, el error relativo será mayor que para los niveles altos. Por ejemplo, si tenemos un valor de 0.8 y le asignamos un valor de 1.0, el error fue del 20%. En cambio, si se tiene un valor de 9.8 y se le asigna un valor de 10, entonces el error será del 2%

Para compensar lo anterior y disminuir el efecto del ruido de cuantificación de tal manera que sea lineal a lo largo de todo el intervalo de valores, es que en la práctica se emplean las llamadas reglas de codificación.

Básicamente, estas reglas consisten en efectuar una codificación no lineal. Es decir, no se asigna un valor binario a cada valor de amplitud en una forma proporcional.

### **3.9 MULTIPLECCIÓN POR DIVISION DE TIEMPO (TDM)**

Actualmente existen dos leyes para la codificación de señales PCM a saber; la ley  $\mu$  y la ley A, la primera corresponde a la norma americana y la segunda a la europea usado en México. El sistema original T1 de la Bell utilizaba un compansor con una función continua como ley de codificación. Recomendaciones posteriores de la CCITT para el sistema de 24 canales abandonaron el compansor y utilizaron una ley no-lineal de codificación, aproximándose a la ley  $\mu$  con un valor para  $\mu$  de 255.

# **CAPÍTULO 4**

## **TRANSMISIÓN DE VOZ Y DATOS**

### **4.1 REDES DE VOZ Y SUS SERVICIOS**

El término “Telefonía Digital ” está relacionado con la forma en que se transmite la voz en un sistema telefónico, pero ¿Cómo puede ser esta posible si ya hemos visto que tanto la voz como la señal que el micrófono produce son analógicas ?. la solución es muy sencilla, solo basta medir a intervalos regulares el nivel de la señal eléctrica que el micrófono produce, asignarle a cada medida un valor numérico exacto, y enviar este número hacia el otro extremo de la línea, en donde se generará una señal idéntica a la que se uso para tomar mediciones.

Ahora las administraciones están reconociendo el potencial de las redes solamente digitales, y el inconveniente que tenían las redes independientes para servicios diferentes como ( Télmex, cablevisión, facsimil, tele informática y telefonía, etc. ) y comienzan a pensar en la

TDN para la digitalización completa, influyendo el aparato de abonado y la integración completa de los servicios modernos de voz y datos por Internet figura 4.1.

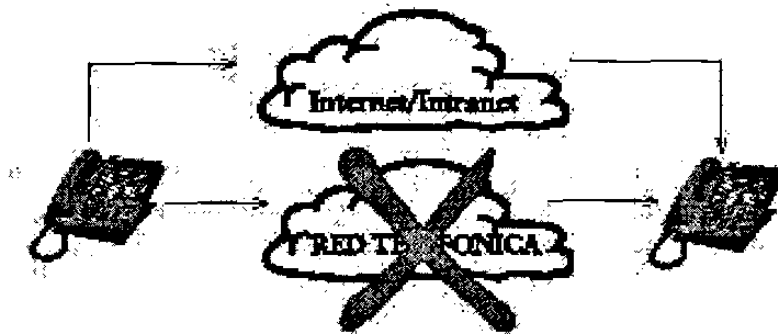


Figura 4.1 Transmisión de voz sobre la red de datos.

## 4.2 VENTAJAS DE LA TRANSMISIÓN DIGITAL

¿ Por qué se prefieren frecuentemente las señales digitales que las analógicas, para el envío de información, como voz o imágenes?

Una razón importante es que la señal digital tiene mucho menos ruido y distorsión y, por tanto, mejor calidad que una señal analógica.

En la red telefónica convencional, la señal es conmutada, atenuada, mezclada con ruido, diafonía y distorsión en la ruta de transmisión, amplificada repetidamente ( con todo y ruido), conmutada de nuevo, y así sucesivamente. Mientras más lejos se transmita o sea conmutada, modulada, amplificada, de modulada, etcétera, mayor es el ruido, la diafonía los zumbidos y la distorsión. Cuando la señal



finalmente llega al receptor y se reconvierte a sonido, no es ni cercanamente una fiel réplica de la voz original.

Una señal digital, en contraste, es virtualmente inmune al ruido, la interferencia y la distorsión, independientemente de la longitud de la ruta de transmisión. Un pulso digital, mientras puede reconocerse como un “uno” o un “cero”, puede ser periódicamente reemplazado por un pulso nuevo.

Regresando así la señal original. No obstante debido a la distorsión, ocasionalmente se puede perder (ó agregar ) un pulso, pero la relación de errores es controlable y puede hacerse tan pequeña como se desee.

Otras ventajas son que los circuitos que manejan las señales digitales , por solo necesitar estar conmutando entre dos estados diferentes, son menos complejos que otros y son más prácticos y confiables; y alcanzan mayores velocidades de transmisión

Toda esto ha llevado a los diseñadores a pensar en medios de pasar a forma digital las señales analógicas, transmitir las en esa forma y luego reconvertirlas; y a esos equipos se les llama convertidores analógicos digitales o ADC's y digital-analógicos o DAC's ( del inglés Analog to Digital Conversión y viceversa)

#### **4.3 VOZ SOBRE IP**

La distinción entre voz y datos se hace cada día más difusa. Internet se está transformando aceleradamente en la revolución de las telecomunicaciones que hemos predicho. La largamente esperada

supercarretera de la información ha llegado y voz sobre IP sólo viene a confirmar una tendencia anunciada.

Voz y datos han convivido por muchos años en redes TDM, Frame Relay y ATM. Sin embargo, al pasar la voz por el protocolo de capa 3 de la convergencia (IP), se neutraliza el riesgo tecnológico de la capa de enlace (capa 2). Por lo tanto, una empresa puede invertir segura en una tecnología que funciona en todos los protocolos de LAN y WAN disponibles hoy y mañana.

La segunda razón para desarrollar soluciones de voz por IP tiene que ver con algo aún más trascendente: al disponer de un protocolo y red única de transporte de voz y datos es más fácil y económico complementar soluciones integradas realmente de gran valor agregado. Por ejemplo, al atender requerimientos de clientes utilizando voz, web u otros formatos informáticos simultáneamente por un solo medio, se obtiene un valor agregado en riqueza y calidad comunicacional que la red telefónica por sí sola no puede igualar, ya que ésta sólo entrega voz y punto.

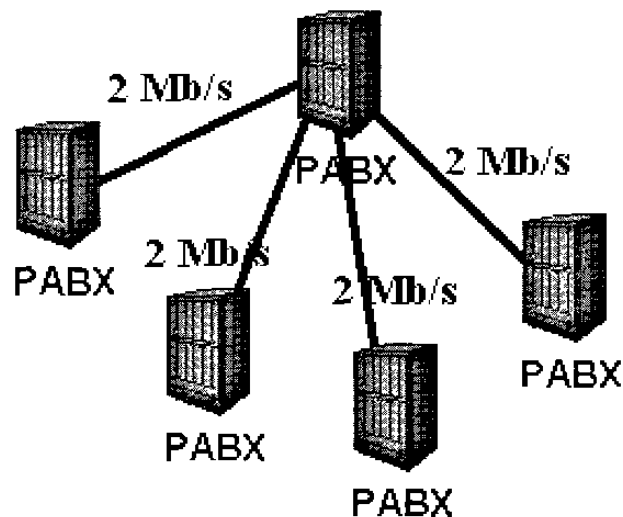
La tercera razón, aunque hay quienes le otorgan el primer lugar, es el costo. El incentivo a utilizar redes únicas IP (Internet y/o Intranets) como un by-pass de las redes telefónicas tradicionales ha sido el principal incentivo hasta la fecha para toda la industria de voz sobre IP

Efectivamente, hoy han surgido empresas proveedoras de productos y servicios que utilizando la gran infraestructura IP existente pueden reducir las facturas telefónicas mensuales de las corporaciones al menos de la mitad. Al transportar la voz por la intranet, es posible convertir todas las llamadas de larga distancia en locales. Si se utiliza

Internet, o los servicios de los así llamados "carriers de nueva generación", se puede llamar a todo el mundo a costos ínfimos.

Sin duda, la revolución de Internet se dejará sentir con fuerza en los próximos meses y años, ya que este cambio tecnológico provocará un deterioro en la estructura de ingresos tradicionales de las telefónicas, si éstas no reaccionan a tiempo y a favor del cambio.

Podemos mencionar otras ventajas adicionales de esta tecnología. Por ejemplo, la tradicional central telefónica (PBX) será paulatinamente sustituida por la red de conmutación de paquetes.



**Figura 4.2** Red de PBXs

En un mundo IP ¿de qué sirve conmutar circuitos?. Este sólo hecho generará importantes ahorros a las empresas, quienes deberán preocuparse sólo de robustecer su red IP, solucionando así sus necesidades de voz y datos simultáneamente. Otro beneficio adicional consiste en disminuir el costo y el tiempo de aprovisionar los cambios,

adiciones y traslados de personal, los que en una red IP son triviales en comparación a las complejidad que ofrece el sistema telefónico tradicional. Una obvia ventaja adicional está en reducir el costo de inversión y mantenimiento en cableado, el que sólo se realiza una vez.

Aspectos como seguridad, uptime y confiabilidad son también más fáciles de obtener en una red unificada por cuanto se requiere de un solo respaldo para el 100% de las necesidades de comunicaciones de las empresas. Por otro lado, la escalabilidad de la solución es inmediata y lineal por usuario, evitando costosas reinversiones totales en las redes telefónicas cuando éstas llegan a su capacidad máxima.

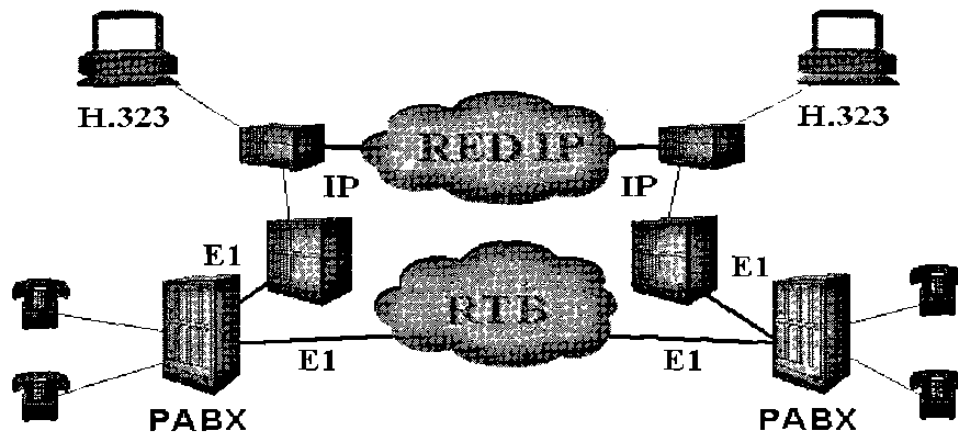
Voz sobre IP significa telefonía abierta basada en estándares aprobados por la UIT (H.323), por lo tanto, cabe esperar una reacción del mercado similar a la observada en el mercado de la computación de inicios de los 80. El término de la tecnología propietaria en telefonía redundará en grandes beneficios para los consumidores e incentivará una dinámica nunca antes vista en el sector telecomunicaciones.

Quienes no comprendan la magnitud del cambio que voz sobre IP conlleva o no se adapten a este nuevo escenario arriesgan su competitividad futura.

#### **4.4. TRANSMISIÓN DE VOZ SOBRE IP.**

IP ha tenido su origen en transmisión de datos y no está demasiado adaptado a la transmisión de datos e imágenes. La tecnología de transmisión de paquetes, en la que está basada IP, ofrece tamaño de

celdas variable, que en comparación con tecnologías de tamaño de celda fija como ATM, introduce ineficiencias y necesidad de proceso extra. Además IP es un protocolo que solamente ofrece un tipo de calidad e servicio (QoS) basado en proporcionar el mejor rendimiento posible en el enlace disponible.



**Figura 4.3** Interconexión con telefonía publica e IP

En la figura 4.3 se muestra, como actualmente la voz sobre IP tiene dos modos de ser transportado:

- A través de líneas privadas y dedicadas que proporcionan una calidad de servicio aceptable
- A través de redes públicas como Internet o redes públicas IP con una calidad de servicio inferior.

Cuando hablamos de tecnologías "IP" nos estamos refiriendo en general a un conjunto de protocolos que conforman lo que actualmente llamamos redes IP. Principalmente los más comúnmente usados son TCP: que se ocupa de proporcionar conexiones garantizadas para paquetes de datos sobre IP y UDP: que proporciona un servicio de

entrega no garantizado; sin embargo, ninguno de estos protocolos puede proporcionar el soporte de aplicaciones en tiempo real como la voz.

#### **4.4.1. Protocolos**

Existen una serie de protocolos que intentan proporcionar servicios en tiempo real sobre IP como son RTP (Real time Transport Protocol), RTCP (Real time Control Protocol), RSVP (Resource Reservation Protocol) y RTSP (Real time Streaming Protocol), sin embargo es H.323 el protocolo internacional para conferencia sobre redes de paquetes que ha sido aprobado por la UIT en 1996. De esta manera es posible que un único standard permita:

- Interoperabilidad de aplicaciones con diferente hardware y software distintos sobre IP
- Interoperabilidad con RDSI y RTB

H.323 se define como el standard que permite que tráfico multimedia, en tiempo real sea intercambiado sobre una red de paquetes, tal y como es una red IP, añadiendo también la capacidad de flujos multimedia (retransmisiones de audio o vídeo). H.323 define una serie de entidades en una red H.323 con una serie de funcionalidades:

- Gatekeepers: Dentro de su zona LAN actúa de monitor de la red, proporcionando los servicios de resolución de direcciones (por ejemplo, asignación de la dirección IP a su alias, ya sea número telefónico o nombre) y de conceder permisos de llamadas

- MCUs (Multipoint Control Unit): es el sistema encargado del control de las conferencias múltiples, proporciona todos los servicios para establecer comunicaciones multipunto
- Terminales: son los dispositivos que se pueden conectar directamente a IP y soportan H.323
- Gateways: son los sistemas encargados de permitir que los equipos H.323 puedan operar con otras redes, H.323 predefine un número de dispositivos, los actualmente definidos son H.320 (interconexión con terminales de videoconferencia RDSI), H.324 (terminales de videoconferencia sobre telefonía) y dispositivos RTB
- Proxies: son los sistemas que actúan como intermediarios entre diversas entidades, tal y como lo hacen los proxies en las redes IP (conexión entre la IntraNet e InterNet, por ejemplo).
- El establecimiento y el mantenimiento de conexiones H.323 realiza un uso tanto de tráfico sobre TCP como de UDP:
- Q.931 sobre TCP que se realiza a través del puerto bien conocido 1720 para negociar el puerto de conexión del H.245
- H.245 sobre TCP para realizar las negociaciones de los parámetros (codificadores entre otros) y realiza las conexiones UDP para RTP y RTCP
- RTP y RTCP sobre UDP en que se usan conexiones UDP para mantener los flujos asociados con el tráfico H.323.
- El standard H.323 define un método de permitir tráfico multimedia sobre una red IP, pero y como no puede ser de otra forma, no asegura que la comunicación pueda tener lugar. En el caso de transmisión de voz es necesario asegurar unos parámetros mínimos para que una conversación pueda tener lugar. Los parámetros más influyentes en el

comportamiento de una transmisión de voz son los siguientes:

- Retardos de los paquetes: una red IP, y sobre todo InterNet, no asegura el retardo de un paquete. Actualmente, solamente a través del control y gestión global extremo a extremo, y la disponibilidad de suficiente ancho de banda así como la tecnología de switching-routing necesaria, es posible asegurar unos niveles de retardo máximos. Por ello y en el estado de congestión actual y previsible, InterNet no nos puede asegurar unos niveles máximos.
- Jitter: es muy dependiente del retardo de los paquetes, y consiste en el tiempo de variación en la llegada de paquetes. Este parámetro tiene los mismos problemas y dificultades que el retardo, por lo que las soluciones van en la misma línea. Si cabe, en este caso es más importante las tecnologías de enrutamiento de los paquetes IP.

Pérdida de paquetes: al estar basados, sobre todo UDP, en una transmisión no fiable las pérdidas de paquetes si existe congestión o problemas en la transmisión pueden llegar a ser importantes.

El estado de la red tiene un impacto diferente sobre la transmisión de fax (protocolos T.4 y T.30 sobre IP que sobre la transmisión de voz.

El oído humano es mucho más sensible a la pérdida de datos, que puede hacer la conversación ininteligible, que al retardo. La UIT ha desarrollado una recomendación para ayudar a definir los efectos de los retardos dando un valor máximo. La recomendación G.114 definida en 1996 recomienda que el límite en un canal unidireccional de voz sea de 400 ms. Sin embargo tenemos que considerar que la apreciación de la calidad de una comunicación de voz tiene una buena parte subjetiva,



dependiendo también de valor calidad / precio que se le dé a esa comunicación. Puede que retardos de 400 ms resulten inadmisibles para una buena parte de los usuarios para conversaciones de negocios, y que retardos de 600 ms resulten admisibles por usuarios privados si el coste así se lo justifica.

La pérdida de paquetes también afecta a la calidad de la voz, pero el tanto por ciento admisible depende tanto de los algoritmos de compresión usados, algunos son capaces de recuperar errores, como de la percepción subjetiva de los usuarios. El límite generalmente aceptado como máximo se sitúa alrededor del 8-10%.

La realidad es que el asegurar estos parámetros, esta calidad de servicio, a lo largo de una red IP con los niveles de calidad habituales en una red de voz, sólo es posible, y con limitaciones, cuando se realiza dentro de una red IP privada con los equipos y el ancho de banda necesarios y siendo gestionada centralizadamente. Habitualmente un canal de voz necesita un ancho de banda garantizado de 12-15 Kb/s por lo que proporcionar o asegurar en una red como Internet ese ancho de banda no es posible en general. La utilización de las nuevas redes IP por los operadores puede hacer posible la disponibilidad, dentro de esas redes IP, de ancho de banda garantizado; pero sin duda, con el coste asociado de reserva de ese ancho de banda. La comparación de las conexiones tanto para datos como voz sobre IP reducirá los costes globales, pero no se puede suponer que si se desea obtener una calidad comparable a la que la red de voz tiene, los costes se reduzcan muy significativamente.

# **CAPÍTULO 5**

## **FRAME RELAY**

### **5.1 INTRODUCCIÓN**

Frame Relay es la tecnología más usada en la actualidad en las redes de área amplia. Es una alternativa económica al uso de enlaces privados y ofrece un camino de migración hacia ATM.

Aunque las redes Frame Relay tienen ya cinco años de operación exitosa en varias partes del mundo, en México apenas empiezan a ofrecerse a gran escala. El surgimiento en México de servicios eficientes de transporte de datos se ve impulsado por el fin del monopolio de telefonía de larga distancia en 1996 y la competencia consecuente por un mercado muy grande de transmisión de información. En este contexto, el propósito del presente artículo es describir las características más importantes de las redes Frame Relay, que aunque simples, constituyen puntos frecuentes de discusión y malos entendidos. En las siguientes secciones del artículo se incluyen las razones que motivaron el desarrollo de esta tecnología, la situación actual de las redes Frame Relay en el

mundo, los conceptos involucrados en la transmisión de datos y algunas extensiones importantes que complementan el servicio básico.

### **5.1.1 Surgimiento de Frame Relay**

Los grandes avances tecnológicos en las áreas de Computación y Telecomunicaciones han alterado significativamente los sistemas de información en las corporaciones. El gran volumen de información intercambiado en un ambiente de negocios basado en aplicaciones cliente/servidor requiere que las comunicaciones se realicen a velocidades altas y con un retardo bajo. Las redes locales (LAN) satisfacen adecuadamente estos requerimientos de comunicación al interior de las empresas proporcionando velocidades que llegan ahora hasta los 100 Mbps.

La integración de las diferentes redes locales que existen geográficamente dispersas en las corporaciones puede realizarse utilizando líneas privadas E1 que proporcionan una velocidad de 2.048 Mbps. Sin embargo, en muchos casos esta solución no es económicamente factible, sobre todo si se trata de una red con una gran cantidad de LANS y enlaces de larga distancia que no se ocupan un porcentaje alto del tiempo debido a la naturaleza por ráfagas (intermitente) del tráfico transportado. Surge entonces Frame Relay como la alternativa más viable de implementación de redes de transmisión de datos en la presente década.

Las 3 tecnologías mas utilizadas para la transmisión de datos a niveles locales, nacionales e internacionales son, sin duda alguna, el

X.25, Frame Relay y ATM. Dichas tecnologías son utilizadas cada día mas por los operadores públicos para ofrecer servicios de alta y baja velocidad, que buscan satisfacer las necesidades de interconexión de datos en redes de área local y redes de banda amplia, así como también para la transmisión de voz, imágenes y vídeo.

En México ya existen varias empresas de telecomunicaciones con infraestructura avanzada que son capaces de ofrecer una extensa gama de los servicios con estas tecnologías.

## **5.2 ¿QUÉ ES FRAME RELAY?**

Frame Relay es una forma simplificada de conmutación de paquetes diseñada para trabajar sobre las líneas de transmisión digitales de los 90s, que presentan una baja probabilidad de errores de transmisión. Frame Relay aumenta la velocidad de tránsito a través de una red, en comparación a X.25, reduciendo el procesamiento efectuado sobre los paquetes en la red. Los nodos de la red ( *switches*) actúan sólo como "relevadores": reciben paquetes y los envían sobre la línea de salida correspondiente, dejando que las estaciones de los usuarios corrijan los errores eventuales que puedan ocurrir en la red.

Las características más importantes de Frame Relay son:

- Altas velocidades de transmisión.
- Bajos retardos sobre la red.
- Alta conectividad.
- Uso eficiente del ancho de banda.

Las normas de Frame Relay han sido desarrolladas por el Sector de Estandarización de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T), el Instituto Nacional de Estándares Americanos (ANSI) y el Foro Frame Relay. En 1988 la Recomendación I.122 del ITU-T introdujo de manera global a Frame Relay dentro del marco de los servicios adicionales de transmisión de paquetes de ISDN. En 1990 el comité T1S1 de ANSI publicó los estándares que especifican la descripción del servicio, la señalización de acceso y los aspectos básicos de transmisión de tramas: T1.606, T1.617 y T1.618. El ITU-T publicó en 1991 los estándares equivalentes: I.233, Q.933 y Q.922

### 5.3 TRANSMISIÓN DE TRAMAS

Entre las estaciones de los usuarios y los nodos de la red (UNI: User-to-Network Interface) se transmiten únicamente tramas a nivel de la capa de enlace de datos del modelo OSI. Frame Relay ofrece un servicio orientado a conexión basado en el establecimiento de circuitos virtuales vi direccionales y en el intercambio de tramas tipo HDLC

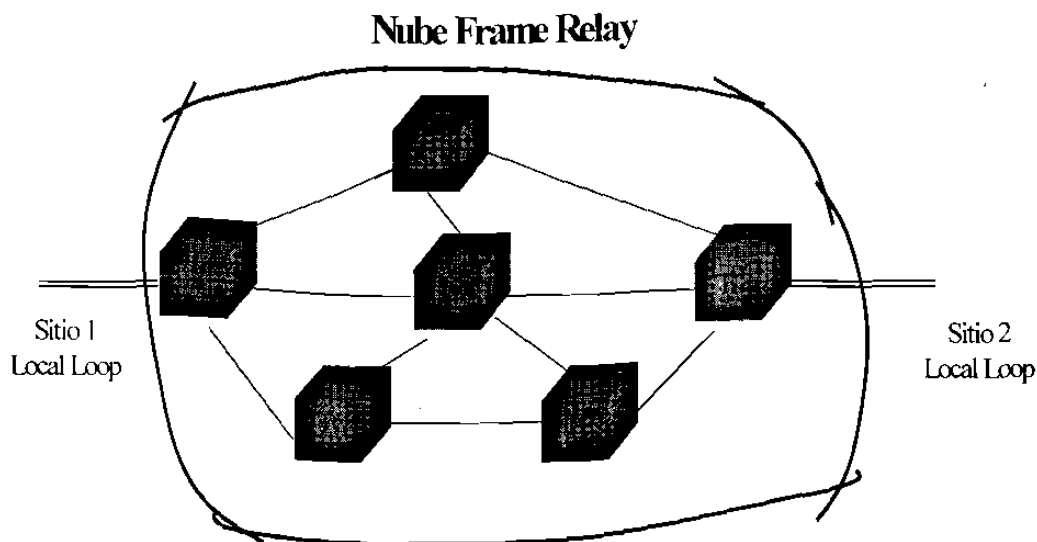
El tamaño máximo del campo de información depende de los diferentes proveedores de servicio: el Foro Frame Relay recomienda que sea de por lo menos 1600 bytes y en la práctica la mayoría de los proveedores soportan tramas de hasta 4096 bytes, que es el máximo permitido para una operación confiable (sobre errores dobles en la trama) del campo FCS (Frame Check Sequence) de 2 bytes. Algunos proveedores y fabricantes de equipo soportan tamaños máximos de tramas del orden de 8000 bytes, tal vez considerando que el aumento que se logra en la eficiencia de la transmisión (mayor proporción de bits de información en las tramas) compensa tanto la pérdida de confiabilidad que puede presentarse sobre líneas en las que la probabilidad de errores es muy baja como el retraso introducido en los nodos de la red que deben recibir completamente una trama antes de retransmitirla.

Con 10 bits reservados para el DLCI (Data Link Connection Identifier) podrían multiplexarse hasta 1024 circuitos virtuales por puerto físico. Sin embargo, algunos identificadores están reservados y sólo se tienen disponibles 976 (del 16 al 991) para el usuario.

Al establecer un circuito virtual el usuario negocia con la red tres parámetros: CIR, Bc y Be, que definen las características del rafagueo (*burstiness*) de su tráfico. El CIR (Committed Information Rate) es la velocidad media de transferencia de información a la que el usuario desea transmitir. El CIR se mide sobre un intervalo de tiempo T que es proporcional al tamaño de las ráfagas Bc (committed burst size) que son transmitidas por la fuente de información:  $T=Bc/CIR$ . El Bc es el número máximo de bits que la red se compromete a transportar sobre cualquier intervalo de tiempo T (normalmente inferior a 8 segundos). Por ejemplo, si la velocidad de acceso (AR) es de 64 Kbps, la duración (s) de las ráfagas es de 1.5 segundos y el tiempo (T) entre ráfagas es de 6 segundos, entonces el Bc es de 96 Kb y el CIR es de 16 Kbps.

Si el tráfico de un usuario excede su CIR (Bc bits en T segundos), el nodo de acceso a la red enciende el indicador de elegibilidad para ser descartado (bit DE) de todas las tramas en exceso. Finalmente, el tráfico de un usuario que exceda Bc en más de una cierta cantidad Be (excess burst size) durante un intervalo de tiempo T (figura 3), se descarta en el nodo de acceso de la red (En algunas redes es posible programar el nodo de acceso para que deje pasar este tráfico en exceso con el bit DE encendido (*graceful discard*)). La cantidad  $(Bc+Be)/T$  se conoce como EIR (Excess Information Rate). En el diseño y operación de una red privada virtual que utilice una red pública de transporte Frame Relay es de suma importancia ajustar los parámetros del servicio: CIR, Bc y Be. Este ajuste debe realizarse en función de las características del tráfico inicial esperado y de mediciones efectuadas continuamente durante la operación cotidiana de la red.

El multiplexaje estadístico de recursos que caracteriza a la conmutación de paquetes permite el uso eficiente de la red pero puede ocasionar condiciones de congestión. Frame Relay trata de resolver un problema de congestión mediante los bits de notificación explícita de congestión (BECN y FECN) de las tramas, que notifican a los usuarios emisor y receptor, respectivamente, que hay estado de congestión moderada en la red y que debería reducirse el flujo de información. Si se presenta un estado de congestión más grave, la red comienza a descartar tramas, iniciando con aquellas que tienen el bit DE encendido.



**Figura 5.1** Formato de la trama Frame Relay

Para poder utilizar una red Frame Relay (figura 5.1), el cliente del servicio debe conectar su ambiente de cómputo interno a un enrutador (si se trata de una red local) que contenga una tarjeta que maneje Frame Relay o a un FRAD (Frame Relay Access Device). Estos elementos de interconexión a su vez se conectan a la línea de acceso a la red a través de un DSU (Data Service Unit) o de un DSU/CSU (Data Service



Unit/Channel Service Unit), que pueden ser dispositivos externos o estar integrados en los enrutadores y FRADs.

Un FRAD es un dispositivo multiprotocolo que recibe datos por sus puertos seriales, los encapsula en tramas y los envía a la red Frame Relay. En el sentido inverso, recibe tramas de la red Frame Relay, desencapsula los datos y los envía al puerto correspondiente. Visto con más detalle, el funcionamiento de un FRAD es un poco más complejo que el de un simple ensamblador/desensamblador de tramas: dado que se espera que el uso de un FRAD y de una red sea transparente para las aplicaciones, los FRADs interactúan con ellas como si se tratara del usuario destino (por ejemplo, sondean a los dispositivos SNA, que generan una fracción importante del tráfico que manejan) y se encargan de corregir los errores de transmisión que puedan ocurrir en la red. Es importante mencionar que las funciones de un FRAD pueden ser realizadas internamente por un nodo de la red Frame Relay.

#### **5.4 REDES FRAME RELAY EN LA ACTUALIDAD**

La demanda por servicios públicos de Frame Relay es muy grande en todo el mundo, siendo actualmente la tecnología más usada en las redes de área amplia. En México se ofrecen servicios públicos Frame Relay desde 1995 (proporcionados por InterVan de Intersys) y se espera que el mercado despegue con la introducción en 1996 de UniNet de TELMEX y del servicio Frame Relay de Avantel. Como un ejemplo del fuerte crecimiento experimentado por Frame Relay desde sus inicios podemos

citar que en Japón había sólo un proveedor del servicio en 1992 y que para fines de 1995 ya existían 23. Según una encuesta mundial realizada entre marzo y mayo de 1996 (1996 Market Survey by Steven Taylor; Distributed Networking Associates commissioned by The Frame Relay Forum; May 19, 1996; <http://www.frforum.com/4000/4013.html>), el crecimiento de Frame Relay fue de aproximadamente 300% entre 1995 y 1996. De acuerdo a esta encuesta:

- Todos los proveedores de servicios Frame Relay ofrecen puertos de acceso de 64 Kbps y E1, algunos ofrecen puertos de velocidades menores de 64 Kbps, E1 fraccional y múltiplos de E1, y algunos proveedores planean ofrecer enlaces E3 que proporcionan una velocidad de acceso de 34 Mbps (En los Estados Unidos se utilizan velocidades de 56 y 64 Kbps, 1.5 Mbps (T1) y 45 Mbps (T3)).
- Las dorsales ( *backbones*) de las redes que ofrecen el servicio Frame Relay emplean en su mayoría tecnología Frame Relay internamente, pero algunas ya utilizan ATM.
- Todos los proveedores ofrecen circuitos virtuales permanentes (PVC) pero ninguno ofrecía todavía circuitos virtuales conmutados (SVC), aunque la mayoría planeaba hacerlo.
- Se tienen en promedio 8 puertos por cliente (distribuidos en varios sitios) y 1.5 PVCs por puerto (Esta cifra es menor de lo que podría esperarse puesto que una de las características más publicitadas de Frame Relay es el multiplexaje de circuitos virtuales sobre un mismo puerto físico).
- Las topologías lógicas de redes privadas virtuales más utilizadas son (en orden decreciente): estrella, malla parcial, malla completa y punto a punto.

- Las dos aplicaciones que más utilizan Frame Relay en la actualidad son la interconexión de LANs y el acceso a Internet.

En una línea privada se puede transmitir a máxima velocidad (la velocidad del puerto físico de acceso) durante todo el tiempo, mientras que en un circuito virtual sólo pueden enviarse ráfagas a máxima velocidad y la velocidad media de transferencia de información debe permanecer por abajo del CIR; en contrapartida, el costo de un circuito virtual debe ser inferior al de una línea privada, sobre todo cuando se tienen líneas de larga distancia. Aunque las tarifas de Frame Relay no son uniformes sino que dependen del proveedor del servicio, en general se cobra por separado cada extremo de los PVCs en base a los siguientes elementos:

- Línea (privada) de acceso: el costo de la conexión al nodo más cercano de la red.
- Puerto de acceso: el costo por conectarse a un puerto del nodo de acceso.
- CIR : el costo del ancho de banda ofrecido

Los costos de la línea y del puerto de acceso dependen de su velocidad, mientras mayor sea la velocidad mayor será el precio. La tarifa por CIR se considera un cargo fijo por el uso del ancho de banda del PVC y puede ser no lineal, es decir, mientras más CIR contrate un usuario, el costo de un incremento de ancho de banda adicional puede ser menor. Dado que las características de un PVC en algunas redes pueden ser asimétricas (diferentes en cada sentido), el costo del CIR corresponde al contratado en el extremo de salida. La posibilidad de tener PVCs con

parámetros asimétricos permite optimizar circuitos en los que el tráfico es muy diferente en sus dos sentidos. Adicionalmente, algunos proveedores de servicio aplican tarifas que dependen de la distancia recorrida en la red por el PVC, de la cantidad de información transmitida a través de un PVC o de las características de las ráfagas (Bc y Be).

La velocidad de un puerto de acceso define la máxima cantidad de información que puede ser transmitida por cualquier combinación de PVCs en cualquier instante. Sin embargo, dado que los PVCs no utilizan en forma continua la línea de acceso (En las líneas privadas el porcentaje de utilización promedio es inferior al 30%), es posible sobrevender (sobresuscribir) un puerto para aumentar la utilización promedio de su capacidad. En estos casos, los proveedores pueden aplicar descuentos en varios de sus cargos a los clientes.

La suma de los CIR de todos los PVCs asignados a un puerto puede representar, típicamente, hasta el 200% de la velocidad de acceso. Por ejemplo, puede asignarse un CIR total de 4 Mbps a un puerto de 2 Mbps. Este total puede estar formado por cuatro PVCs de 1024 Kbps cada uno, o por ocho PVCs de 512 Kbps cada uno. En cualquier momento uno o todos los PVCs pueden transmitir tramas, dependiendo de las necesidades de los usuarios. Sin embargo, el usuario debe estar conciente de que el total de la información transmitida no puede exceder 2 Mbps.

En los enlaces internos de la red también se utiliza la sobre suscripción para optimizar el número de PVCs que se pueden configurar en la red. Cada enlace tiene un ancho de banda virtual que se calcula multiplicando su ancho de banda real por un factor de sobre suscripción

y restando al resultado un cierto porcentaje destinado a la administración de la red.

El ancho de banda virtual disponible de un enlace es igual a su ancho de banda virtual menos la suma de los CIR de todos los PVCs que transitan por él. Un nuevo PVC puede establecerse a través de un enlace siempre y cuando éste tenga ancho de banda virtual disponible. Obviamente, si todos los PVCs tratan de usar los enlaces al mismo tiempo, la red se congestiona y su desempeño se degrada. Un punto que ha causado mucho debate en el mundo Frame Relay es la propuesta de algunos proveedores, como MCI y Sprint, de ofrecer a los usuarios PVCs con CIR cero. Por supuesto, en estos casos  $B_c$  es también cero y  $T$  se define como  $B_e/AR$ . Si se contrata un CIR cero, el usuario puede enviar tramas a la red, pero ésta no tiene ningún compromiso de transmitir las. Los que están de acuerdo con esta opción afirman que es atractiva para el cliente ya que como no hay cobro fijo por el CIR se disminuyen sus costos de operación. Un punto a favor de esta propuesta son las declaraciones de un gran número de clientes que están satisfechos con el servicio. Los que están en contra opinan que como la red no se compromete a nada, puede descartar las tramas del usuario que contrate un CIR cero en caso de congestión y que el éxito que se ha tenido hasta ahora no continuará cuando aumente el tráfico en las redes.

Como en todo debate público, no hay un vencedor absoluto. Lo cierto es que el uso de un CIR cero debe estudiarse caso por caso en función del cliente y de los proveedores. Cuando un cliente contrata un CIR cero debe estar conciente de que compra la disponibilidad de transportar su información cuando exista capacidad disponible en la red.

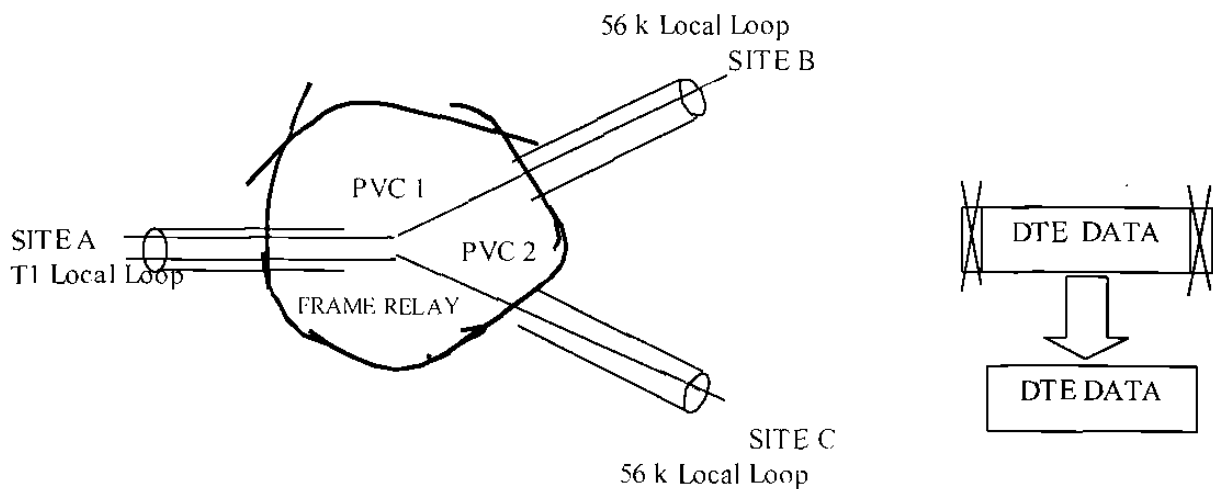
Por otra parte, los proveedores que ofrezcan este servicio deben contar con una red muy bien diseñada que minimice, ahora y en el futuro, la probabilidad de descartar tramas debido a situaciones de congestión; además, se debería cobrar sólo por las tramas entregadas en el extremo receptor.

## **5.5 PROTOCOLOS DE GESTIÓN DEL ENLACE Y CONGESTIÓN**

Dos aspectos muy importantes del funcionamiento de Frame Relay que no consideran las normas de operación básicas de la red son la gestión del enlace usuario-red y un mecanismo fuera de banda para el envío de notificaciones de congestión. Para monitorear la integridad del enlace e informar sobre la adición, eliminación y presencia de PVCs en la UNI, la red y el usuario pueden intercambiar, opcionalmente, tramas de control sobre un DLCI específico. El protocolo de gestión fue originalmente desarrollado por el grupo de los cuatro fundadores del Foro Frame Relay y constituyó la norma *de facto*, conocida como LMI (Local Management Interface), utilizada por las primeras implementaciones de Frame Relay. Posteriormente, el protocolo fue modificado y dio lugar, sucesivamente, al Anexo D de la norma ANSI T1.617 y al Anexo A de la Recomendación Q.933 del ITU-T. El intercambio de las tramas de control se efectúa sobre el DLCI 0, aunque la especificación LMI original utilizaba el DLCI 1023.

El mecanismo básico de notificación de congestión de Frame Relay requiere que existan tramas de datos que viajen en dirección del emisor para transportar una indicación explícita BECN y/o que la llegada de una trama con el bit FECN encendido cause que los protocolos de niveles

superiores en el receptor controlen el flujo del emisor. Dado que estas dos condiciones son difíciles de garantizar, ANSI e ITU-T desarrollaron un mecanismo de señalización opcional llamado CLLM (Consolidate Link Layer Management) que permite a los nodos de la red enviar a los usuarios, sobre el DLCI 1007, tramas de control que contienen una lista de los DLCIs que pueden estar causando congestión en la red y la causa de la congestión (exceso de tráfico o falla en el equipo, por ejemplo).



**Figura 5.2** ¿Cómo trabaja Frame Relay

- El equipo destino retira la información Frame Relay y entrega solamente la información original.
- Frame Relay no hace corrección de errores.
- Los paquetes dañados son descartados

- Si la red esta congestionada los paquetes pueden ser destacados.
- El equipo virtual terminal debe ser inteligente y hacer correcciones de errores.
- Requiere poco procesamiento (Low Overhead), los paquetes FR solo agregan 6 octetos a la información y son dirigidos tan pronto la dirección es recibida.
- Menor complejidad en equipamiento, lo cual significa menores costos en fabricación de equipo.

## **5.6 IMPLICACIONES DE FRAME RELAY**

Como X.25, Frame Relay transporta datos dentro de tramas y no maneja paquetes, tiene la capacidad de realizar funciones de enrutamiento a nivel de Frame. En realidad constituye una versión simplificada del nivel de Frame de X.25 con alguna semejanza con el LAPD, el nivel de la trama del ISDN (Integrated Service Digital Network) o Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), para el canal D. Este procesamiento de comunicación se ubica en la Capa 2 del Modelo OSI. Funciona al transferir datos mediante un nivel rudimentario de Frames que denomina el núcleo, que consiste básicamente en sobres de trama tipo HDLC (High Level Data Link Control).



## **5.7 VENTAJAS /DESVENTAJAS**

### **5.7.1 Ventajas de Frame Relay**

Entre los principales beneficios de la tecnología de Frame Relay, además de los mencionados, permite al usuario aprovechar al máximo cualquier mejora cualitativa en la Capa física. Los enlaces de fibra óptica han cambiando radicalmente la calidad del servicio en los medios de transmisión, además de las mejoras continuas en los enlaces de cobre. Por lo tanto, se elimina la necesidad de realizar controles y correcciones de errores tan frecuentemente como con X.25.

También, la tecnología de Frame Relay ofrece casi 5 veces mas velocidad en la conmutación debido a la simplificación del proceso. Sus usuarios pueden compartir canales muy costosos como T1, E1, T3 y E3. Es importante señalar el rápido aumento en el poder de procesamiento de las estaciones de trabajo, y como en la actualidad intercambian grandes archivos y realizan funciones de comunicaciones que antes se llevaban a cabo en los nodos de la red.

Frame Relay maneja con eficiencia un trafico irregular e impredecible y suministra acceso de una sola línea a la red con la conectividad lógica hacia cualquier otro destino.

En consecuencia, se reducen los requerimientos del hardware, se simplifica el diseño de la red y se reducen los costos de operación.

Es común que cuando un usuario desea una interconexión de Frame Relay, se establezca un contrato proveedor-usuario. Entre otras cosas, el contrato especifica el mínimo ancho de banda que el proveedor se compromete a ofrecer cuando haya interconexión, lo que se conoce como el CIR (Committed Information Rate), Velocidad de Interconexión Mínima. Además, el proveedor permitiría al usuario exceder el CIR, siempre y cuando exista ancho de banda disponible en la red. Este parámetro es conocido como EIR (Excess Information Rate), Velocidad de Interconexión Máxima, de modo que un usuario podría ordenar, por ejemplo, un enlace de Frame Relay con un CIR de 64 Kbps y un EIR de 256 Kbps, bajo las anteriores condiciones; el usuario transmite a una velocidad mayor de la contratada siempre que no exista congestión en la red. Este es uno de los beneficios que ofrece Frame Relay.

### **5.7.2 Desventajas de Frame Relay**

Para muchos resulta una desventaja que Frame Relay no corrija errores. Sin embargo, debido fundamentalmente a las recientes mejoras tecnológicas, como la introducción de fibra óptica y los repetidores de línea, los errores que detecta pueden corregirse de extremo a extremo por X.25 o TCP/IP, de esta manera disminuye el software de conmutación del nodo lo que permite una conmutación mucho más rápida.

Por otro lado, este protocolo no incluye un mecanismo de control de flujo que reduzca las ventanas de transmisión. En lugar de eso, señala los problemas de congestión, descarta los Frames que provocaron aquel y deja que un protocolo de nivel mas alto retransmita los mensajes correspondientes (X.25 o TCP/IP). Sin embargo, tanto los organismos reguladores como los fabricantes de productos para esta tecnología comienzan a trabajar para solucionar esta situación.

## **5.8 CARACTERÍSTICAS ADICIONALES DE FRAME RELAY**

Recientemente se han agregado nuevas características a las redes Frame Relay que mejoran el servicio que puede ofrecerse a los clientes. Entre las más importantes podemos citar: la transmisión multicast, la interconexión de redes y el establecimiento dinámico de circuitos virtuales.

La transmisión multicast sobre PVCs punto-a-multipunto es un servicio opcional muy interesante ofrecido por Frame Relay que permite enviar una misma trama a un grupo de usuarios. El servicio, definido en el Acuerdo de Implementación FRF 7 publicado por el Foro Frame Relay en octubre de 1994, se ofrece a un grupo de usuarios a través de una entidad intermedia llamada servidor multicast que efectúa el mapeo requerido de direcciones uno a muchos. En el servicio multicast en un solo sentido, el emisor (raíz) mantiene PVCs punto a punto con cada uno de los miembros del grupo multicast (hojas) y con el servidor. Para mandar una trama al grupo, la raíz la envía con un DLCI de multicast al servidor para que éste retransmita una copia de la trama a cada hoja.

Las tramas recibidas de esta manera por las hojas llegan con los identificadores DLCI de los PVCs individuales. En el servicio multicast de doble sentido, las hojas pueden utilizar los PVCs individuales para mandar tramas a la raiz. Finalmente, en el servicio multicast de n sentidos, todos los usuarios tienen el mismo nivel y todas las transmisiones son multicast.

Para facilitar la interconexión de redes Frame Relay de múltiples proveedores, el Acuerdo de Implementación FRF 2 (NNI: Network-to-Network Interface) define cómo deben interactuar, como iguales, dos redes Frame Relay. En realidad, se puede visualizar la NNI como dos UNIs distintas, en la que cada lado de la NNI actúa simultáneamente como usuario y como red. La NNI opera bajo el concepto de concatenación de PVCs: un PVC que abarca múltiples redes está formado por la concatenación de los PVCs individuales en cada una de las redes. La realización práctica de PVCs concatenados ha presentado retrasos debido a que los proveedores de servicio no se interesaron sino hasta hace relativamente poco tiempo en resolver los problemas que presenta la interconexión de redes Frame Relay. La última versión, FRF 2.1, del Acuerdo de Implementación se publicó en julio de 1995 y debe promover la inter conectividad entre diferentes proveedores de servicio y permitir que los usuarios utilicen un servicio global de red (figura 4).

Originalmente, las redes Frame Relay ofrecieron sólo el servicio de PVCs en el que las conexiones entre los usuarios son establecidas por el administrador de la red y están disponibles permanentemente para la transmisión de datos. En este sentido, los PVCs son una alternativa al uso de líneas privadas. Actualmente, los proveedores de servicios Frame Relay empiezan a soportar SVCs en los que los usuarios pueden establecer conexiones temporales dinámicamente sin intervención del administrador de la red. El establecimiento de SVCs se realiza según el

Acuerdo de Implementación FRF 4 del Foro Frame Relay (enero de 1994). Este acuerdo está basado en la Recomendación Q.933, emplea el DLCI 0 para transmitir mensajes de señalización y prevé la utilización de los planes de numeración E.164 o X.121. Una diferencia muy importante entre los PVCs y los SVCs es que en los primeros el ancho de banda asignado a un circuito virtual ocupa recursos permanentemente en la red, mientras que en los segundos el ancho de banda negociado durante la fase de establecimiento de la conexión se libera al terminarse el SVC y puede ser utilizado posteriormente por otro circuito virtual. Debido a esto, los SVCs pueden basar sus tarifas en la duración de la conexión y/o en la cantidad de datos transmitidos y permitirán ofrecer ahorros a los clientes en una gran cantidad de aplicaciones. En general, los SVCs se utilizan cuando no se justifica tener una topología fija de conexiones permanentes y los usuarios requieren verdadero ancho de banda a la demanda. Por ejemplo, en el caso de transferencias esporádicas de grandes cantidades de información pueden crearse SCVs con un CIR alto durante un período corto de tiempo.

## **5.9 COMENTARIOS FINALES**

Frame Relay es una tecnología de alta velocidad que ofrece ancho de banda sobre demanda y que permite multiplexar estadísticamente diferentes circuitos virtuales sobre un mismo enlace de acceso a la red. La existencia de caminos redundantes en las redes públicas Frame Relay y el uso de protocolos de enrutamiento dinámicos, como OSPF (Open Shortest Path First), proporcionan una alta disponibilidad de la red. Estas características de Frame Relay la posicionan como la tecnología adecuada en términos de velocidad, costos y disponibilidad para las empresas en un gran número de aplicaciones.

En México, uno de los principales usos de las redes públicas Frame Relay será sin duda el transporte de tráfico de Internet. Frame Relay es una tecnología relativamente nueva que ha mostrado un crecimiento rápido y sostenido desde la puesta en operación de las primeras redes en 1991.

Las adiciones recientes al servicio, como la transmisión multicast, la definición de la NNI y, principalmente, la posibilidad de contar con circuitos virtuales conmutados deben ser factores que contribuyan a que continúe el éxito mundial de Frame Relay en el futuro próximo Aunque bajo ciertas condiciones

Frame Relay es capaz de transportar voz, al igual que Internet, es una tecnología pensada para el transporte de datos. Para la transmisión de voz y video, ATM es una mejor opción. La migración de la tecnología actual de Frame Relay a ATM se hará de manera gradual. Se comenzará con las dorsales de las redes públicas en las que se requieren velocidades de transmisión muy altas (155 y 622 Mbps) y paulatinamente se cambiarán los equipos terminales de los usuarios. La interoperabilidad entre Frame Relay y ATM está garantizada por la existencia de normas internacionales.

# **CAPÍTULO 6**

## **MEDICIONES EN SISTEMAS DIGITALES**

### **6.1 CONCEPTOS BÁSICOS DEL AMBIENTE DIGITAL**

Los problemas o fallas en la transmisión se reflejan de distintas maneras y pueden ser ocasionadas por uno o más elementos del sistema de comunicación. Cuando esto ocurre se deben hacer mediciones y aplicar criterios para detectar el origen del problema y corregirlo.

En general, se desea que no existan errores en la comunicación, que esta sea lo mas clara posible para el caso de señales de voz y datos y que no existan retrasmisiones para el caso de datos.

El análisis de calidad para un sistema de telecomunicaciones se refiere a la verificación del funcionamiento correcto de los distintos niveles y estructuras que pueden tomar los sistemas de comunicación. Dicha verificación se realiza mediante procedimientos y estrategias de medición para detectar el tipo de errores y sus posibles causas.

En otras palabras, se desea que el sistema funcione para lo que fue diseñado, y que su funcionamiento sea el adecuado.

## **6.2 LOS ERRORES EN LA INFORMACIÓN**

Los errores se manifiestan como bits adicionales o faltantes; o bits cuyos estados se invierten, con el resultado de que se degrada el contenido del mensaje. Por lo general, los errores aparecen en ráfagas. En un error en ráfaga, se cambia más de un BIT de datos debido a las condiciones que provocan el error, es decir, los errores de 1 BIT no están distribuidos uniformemente en el tiempo. Sin embargo, las portadoras comunes generalmente listan sus tasas de errores como el número de bits erróneos divididos entre el número de bits transmitidos, sin hacer referencia a su distribución no uniforme. Por ejemplo. La tasa de errores puede darse como 1 en 500,000 al transmitir en una línea telefónica pública de grado de voz a razón de 1, 200 bps.

El hecho de que los errores tiendan a aglomerarse en ráfagas en vez de que estén dispersos uniformemente tienen aspectos positivos y negativos. El aspecto positivo es que , entre las ráfagas, puede haber periodos relativamente grandes de transmisión sin errores, por lo que puede no haber fallas durante la transmisión de datos en una gran porción del mensaje.

Por otro lado, cuando los errores están más o menos distribuidos uniformemente, no es difícil percibir el significado incluso aunque la tasa de errores sea elevada, como en esta oración (1 caracter en 30).



Por otra parte, si los errores están agrupados en ráfagas, se dificulta más recuperar el significado, y es necesario apoyarse más en conocer el contexto del mensaje, o en métodos especiales lógicos numéricos de detección y corrección de errores.

Lo única manera de detectar y corregir errores, es enviar datos adicionales con el mensaje. A mayor cantidad de datos adicionales puede lograrse mayor protección contra errores, pero al elevar la protección, se reduce el procesamiento total de datos útiles, por lo que la eficiencia del procesamiento total de datos varía inversamente con la mayor detección y corrección de errores.

En la transmisión por la red telefónica se encuentra una considerable variación en la tasa de errores de una hora a otra del día. Por lo general, la tasa de errores es más alta durante los períodos de mayor tránsito. En algunos casos, la única alternativa que tiene el usuario de estas instalaciones es transmitir los datos a menor velocidad porque las velocidades más altas de transmisión tienen mayor tendencia de los errores.

### **6.3 TIPOS DE ERRORES DIGITALES**

El ruido y la distorsión en la línea puede provocar errores en la comunicación de datos. El ruido, en este caso, se puede definir como señales eléctricas no deseadas que introducen tanto el equipo como las perturbaciones naturales, lo cual degrada el rendimiento de una línea de comunicaciones.

- **Error de BIT:** cuando un elemento binario se recibe con un valor contrario al que debía ser se le llama.
- **Error de Código:** cuando no se cumplen las reglas de codificación de línea y se reciben condiciones no permitidas de un código de línea en particular, por ejemplo: secuencias mayores de tres ceros para el HBD-3,.
- **Errores de Bloque:** cuando se tiene grupos de dos o más bits en donde uno o más bits de dicho bloque se recibe de manera errada. Cuando se realizan mediciones sobre un medio por donde figuran datos se pueden realizar tasas de error de bloque (*Block Error Rate*, BLER).
- **Errores de Palabra:** particularización de los errores de bloques, pues el número de bits del bloque se fija a 8. Se mide la tasa de errores de palabra (*Word Error Rate*, WER).

#### 6.4 Ruido y Distorsión

El ruido y la distorsión de la línea se pueden clasificar en aproximadamente 10 categorías, incluyendo ruidos blanco, ruidos de impulso, líneas cruzadas, ecos, ruidos de intermodulación, cambios de amplitud, pérdida de línea, atenuación, distorsión de retraso y gorjeo.

**El ruido blanco o gaussiano:** es el seseo de fondo o estática en radios y teléfono. Se debe a la agitación térmica de los electrones, y por ello, es inevitable. Por lo general, no es un problema a menos que su nivel sea tan elevado que altera la transmisión de datos. A veces el ruido de otras fuentes tales como la inducción de las líneas eléctricas, semeja ruido blanco y así se denomina, aunque no se deba a agitación térmica de electrones.

**El ruido de impulsos:** (a veces llamado agujas) es la fuente primordial de errores en la comunicación de datos. Un ruido de impulso puede darle hasta 1/100 de segundo. Un impulso de esta duración se escuchará como un "click". Algunas de las fuentes del ruido de impulsos son cambios de voltajes en líneas adyacentes o circuitos que rodean la línea de comunicación de datos, equipos de conmutación en las oficinas telefónicas, tonos utilizados por la señalización de la red, etc.

**Las líneas cruzadas:** ocurren cuando una línea toma parte de la señal que va por otra línea. Las líneas cruzadas aumentan con la mayor distancia de comunicaciones, con la mayor proximidad de los alambres, mayor intensidad de la señal y señales de frecuencia más alta. Al igual que el ruido blanco, las líneas cruzadas tienen tan baja intensidad de señal que por lo general no molestan en las redes de comunicación de datos.

**Los ecos:** y la supresión de ecos pueden ser una fuente de errores. Un supresor de ecos provoca un cambio en el balance electrónico de una línea que a su vez hace que se refleje una señal viajando de regreso por la línea con menos intensidad de señal. Si la señal de eco es de intensidad suficiente para que la pueda detectar el equipo de comunicaciones, provoca errores, pero normalmente tienen tan baja intensidad de señal que por lo general no son molestos.

**El ruido de ínter modulación:** es el tipo especial de cruce. Las señales de dos líneas independientes se ínter modulan y forman un producto que cae dentro de una banda de frecuencia que difiere de ambas entradas. En la línea multiplicada, muchas señales distintas se amplifican juntas y las ligeras variaciones en el ajuste del equipo pueden provocar ruido de ínter modulación.

Un módem mal ajustado puede transmitir un tono de frecuencia intenso cuando no está transmitiendo datos, produciendo así este tipo de ruido.

**El ruido de amplitud:** comprende un cambio repentino en el nivel de potencia. Su efecto depende del tipo de modulación que esté utilizando el módem. Algunas de las causas de este tipo de ruido pueden ser los amplificadores defectuosos, contactos sucios con resistencias variables, por trabajo de mantenimiento que se esté desarrollando y por conmutación a distintas líneas de transmisión .

**La pérdida de línea:** es una causa catastrófica de errores y transmisión incompleta. Este tipo de fallas puede deberse al equipo conmutador defectuoso en la oficina telefónica, a tormentas, a pérdida de la señal portadora y a cualquier otra falla que provoque una línea abierta o corto circuito.

**La distorsión por atenuación:** ocurre cuando las altas frecuencias pierde potencia con mayor rapidez que las bajas frecuencias durante la transmisión ( como sabemos la atenuación es la pérdida de potencia que sufre la señal al pasar del transmisor al receptor), esta pérdida de potencia puede hacer que la señal recibida sea distorsionada por una pérdida desigual de sus frecuencias componentes.

**La distorsión por retraso:** puede provocar errores en la transmisión de datos. Ocurre cuando una señal se retrasa más a cierta frecuencias que otras. Un igualador (o ecualizador ) compensa tanto la distorsión por atenuación como por retraso.

**El gorjeo:** puede afectar la exactitud de los datos transmitidos. Es imposible generar una señal portadora pura, siempre hay pequeñas variaciones en la amplitud, fase y frecuencia. El daño a la señal puede deberse a cambios continuos y rápidos en la ganancia y/o fase, lo cual puede ser aleatorio o periódico, y es lo que se define como gorjeos.

**Los factores Humanos:** son otras de las causas que interviene en la generación de errores, son Muchos de los errores en los sistemas de comunicaciones de datos que se deben a las fallas humanas en la transmisión. En la prevención de errores, que es la mejor forma de controlarlos, el diseñador de sistemas de comunicaciones de datos debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Proporcionar adiestramiento adecuado a los operadores.
- Deberá desarrollarse un diálogo simple entre el operador y el sistema
- Las instrucciones de uso deben programarse en el sistema y deben estar disponibles para repasarse siempre que un operador necesite ayuda.
- El sistema debe contener procedimientos de reinicio y puntos de reinicio que pueden emplearse durante una operación, para el caso de que el operador cometa un error.
- Será necesario proporcionar tiempo de respuesta razonablemente rápido (2 a 4 seg. ) para que el operador utilice el sistema con eficiencia máxima.

## **6.5 ERRORES EN LA COMUNICACIÓN**

Los errores en la comunicación de datos pueden producir resultados catastróficos si no son detectados y corregidos rápidamente. Un error en la transmisión de datos monetarios puede tener un resultado fatal en las finanzas de un banco o casa de bolsa.

Los errores en la comunicación de datos son cambios indeseables en el patrón de bits de datos que ocurren después que cada uno es mandado desde una PC hasta un dispositivos externo o computadora. Para poder entender el proceso de detectar y corregir errores, primero es necesario entender las causas y efectos de los errores en la comunicación de datos. Los errores pueden aparecer a lo largo de cualquier enlace de comunicación.

# **CAPITULO 7**

## **CORRECCIÓN DE ERRORES**

### **7.1 INTRODUCCIÓN**

Desde la primera implementación en los sistemas de comunicación, los usuarios y vendedores de estos sistemas tenían en cuenta lo concerniente a la detección de errores en la comunicación. Desde la transmisión del telégrafo desde 1900 hasta 1940. Y cuando la misión crítica de los sistemas de comunicación militar y comercial la detección de errores en la comunicación fue más concisa. El tráfico de datos creció durante la Segunda Guerra Mundial, diseñadores y vendedores tomaron en serio el detectar y corregir errores en la comunicación.

## **7.2 FUENTES DE ERRORES.**

El ruido y la distorsión en la línea puede provocar errores en la comunicación de datos. El ruido, en este caso, se puede definir como señales eléctricas no deseadas que introducen tanto el equipo como las perturbaciones naturales, lo cual degrada el rendimiento de una línea de comunicaciones, Un motor cercano a la línea telefónica también puede generar ruido. Finalmente, el módem o el puerto de comunicación en el receptor puede generar errores.

Los sistemas de comunicación pueden detectar y corregir datos diseñados en los enlaces. Un sistema puede detectar interferencias de corta duración con solo el cambio de un bit en el byte de datos. El mismo sistema puede detectar interferencias de larga duración que crean patrones de errores.

## **7.3 TÉCNICAS DE DETECCIÓN DE ERRORES**

### **7.3.1 Forma de redundancia**

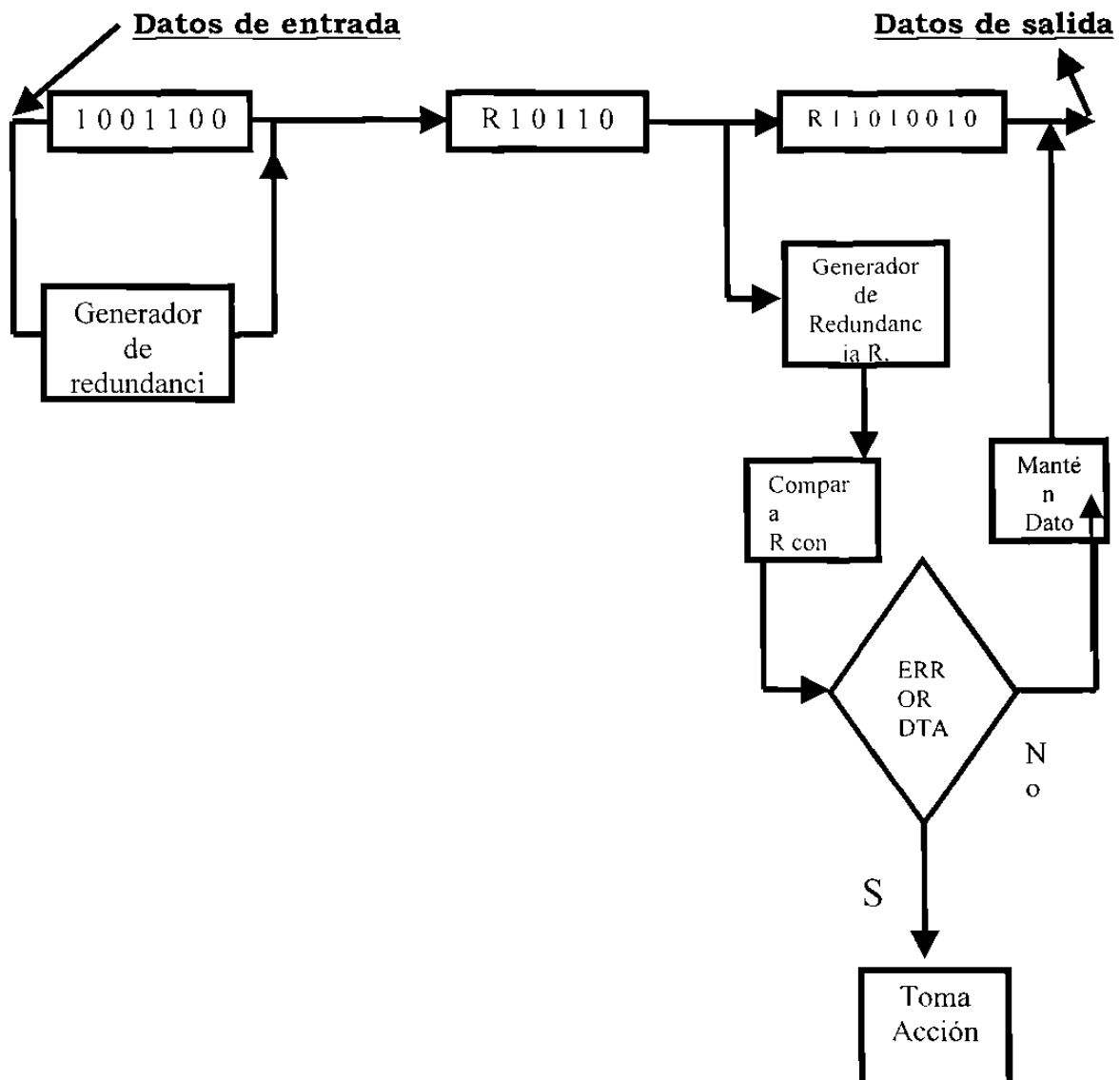
Todas las técnicas de detección de errores no son igualmente aceptadas en todos los equipos, Para detectar y corregir errores, el transmisor debe proveer al receptor, con la información correcta para verificar los datos.

El transmisor debería simplemente enviar la transmisión en forma completa dos veces y dejar que el receptor compare los dos sets de información para detectar errores. La desventaja de esto es el tiempo y



recursos de PC que se consumen, la mayoría de los fabricantes prefieren otras técnicas.

El transmisor utiliza una técnica matemática para calcular errores de datos. El transmisor genera esta redundancia de datos (redundancy data) desde el bit stream cuando el dato es enviado. El receptor debe generar su propia redundancia de datos de la información recibida y compara la redundancia de datos dada por el transmisor, una comparación favorable indica la ausencia de errores, una comparación infavorable indica la presencia de errores.



**Figura 7.1.** Técnica de Redundancia para la detección de error de datos

El transmisor y el receptor deben utilizar técnicas para generar información de redundancia. Las tres técnicas de chequeo de errores son:

**Vertical Redundancy Cheking (VCR )**

**Longitudinal redundancy Cheking (LRC )**

**Cyclic Redundancy Cheking (CRC)**

DATA BITS								VCR PARIT Y			DATA BITS							VCR PARITY
	1	2	3	4	5	6	7	BIT			1	2	3	4	5	6	7	BIT
<b>W</b>	1	0	1	0	1	1	1	<b>1</b>		<b>w</b>	1	0	1	0	1	1	1	<b>0</b>
<b>e</b>	1	1	0	0	1	0	1	<b>0</b>		<b>e</b>	1	1	0	0	1	0	1	<b>1</b>
<b>l</b>	1	1	0	1	1	0	0	<b>0</b>		<b>l</b>	1	1	0	1	1	0	0	<b>1</b>
<b>c</b>	1	1	0	0	0	1	1	<b>0</b>		<b>c</b>	1	1	0	0	0	1	1	<b>1</b>
<b>o</b>	1	1	0	1	1	1	1	<b>0</b>		<b>o</b>	1	1	0	1	1	1	1	<b>1</b>
<b>m</b>	1	1	0	1	1	0	1	<b>1</b>		<b>m</b>	1	1	0	1	1	0	1	<b>0</b>
<b>e</b>	1	1	0	0	1	0	1	<b>0</b>		<b>e</b>	1	1	0	0	1	0	1	<b>1</b>
LRC PARTY CHAR ACTER	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	LRC PARTY CHARACTER	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

**Figura 7.2.** a) LRC Y VRC paridad par. b).- VRC impar Y LRC par.

**VRC** Requiere la suma de un bit sencillo por cada byte de datos transmitidos para producir la paridad para el byte de entrada. El transmisor y el receptor pueden utilizar ambas par e impar, la figura anterior muestra la paridad par e impar.

**LRC** Requiere la suma de un simple bit ( un carácter ) después de cada string de bytes transmitidos (caracteres ). En el LRC el byte esta definido por el estándar ISO 1155 debe proveer paridad par para cada string de bit posicionados. El transmisor y el receptor deben utilizar cualquier par o impar como el VRC en combinación con paridad par para el LRC.

La figura anterior (a) muestra paridad par de VRC y paridad par de LRC, la figura (b). Muestra paridad impar de VRC y paridad par de LRC. Este carácter de LRC aveces llamado checksum, checal la suma de los valores binarios para cada posición de bit de todos los bytes transmitidos.

**Cyclic Redundancy Cheking (CRC):** el CRC puede tomar varias formas la siguiente tabla muestra las cuatro formas más populares de ecuaciones de polinomios usadas en cálculos para CRC.

La selección del protocolo específico de comunicaciones normalmente dicta el uso de un tipo específico de CRC, los equipos antiguos utilizan CRC-12 para transmitir códigos de 6 bits por carácter, por ejemplo el código BSC por otra parte el CRC-16 se utiliza para calcular 16 bits de detección de error en los datos. El CRC- 32 provee 32 bits de detección de error y es la opción en la mayoría de los protocolos. Las LANS, utilizan CRC-32 para trasferencia de datos libre de errores.

CRC TIPO	CRC POLIMONIO
CRC-12	$X^{12}+X^{11}+X^3+X^2+X + X$
CRC-16	$X^{16}+X^{15}+X^2 + 1$
CRC-CCITT	$X^{16}+X^{12}+X^5+X^2$
CRC-32	$X^{32}+X^{26}+X^{23}+X^{22}+X^{16} + X^{12}+X^{11}$ $+X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$

Las técnicas de LRC y CRC son las más exactas. El VRC es bueno para detectar errores en bytes de datos sencillos. El LRC es bueno para detectar bit sencillos y múltiples bits de errores en byte individuales de datos. El CRC-16 detecta todos los errores sencillos y duales con una exactitud de 99.9% en bytes de 16 bits.

El CRC-32 detecta esencialmente todos los errores lo cual es la principal razón por la cual IEEE selecciona esta técnica para todos los estándares de redes locales.

#### 7.4 MÉTODO DEL POLINOMIO

Los códigos polinómicos se basan en el tratamiento de series de bits como si fueran representaciones de polinomios, con coeficientes de valor 0 y 1 únicamente.

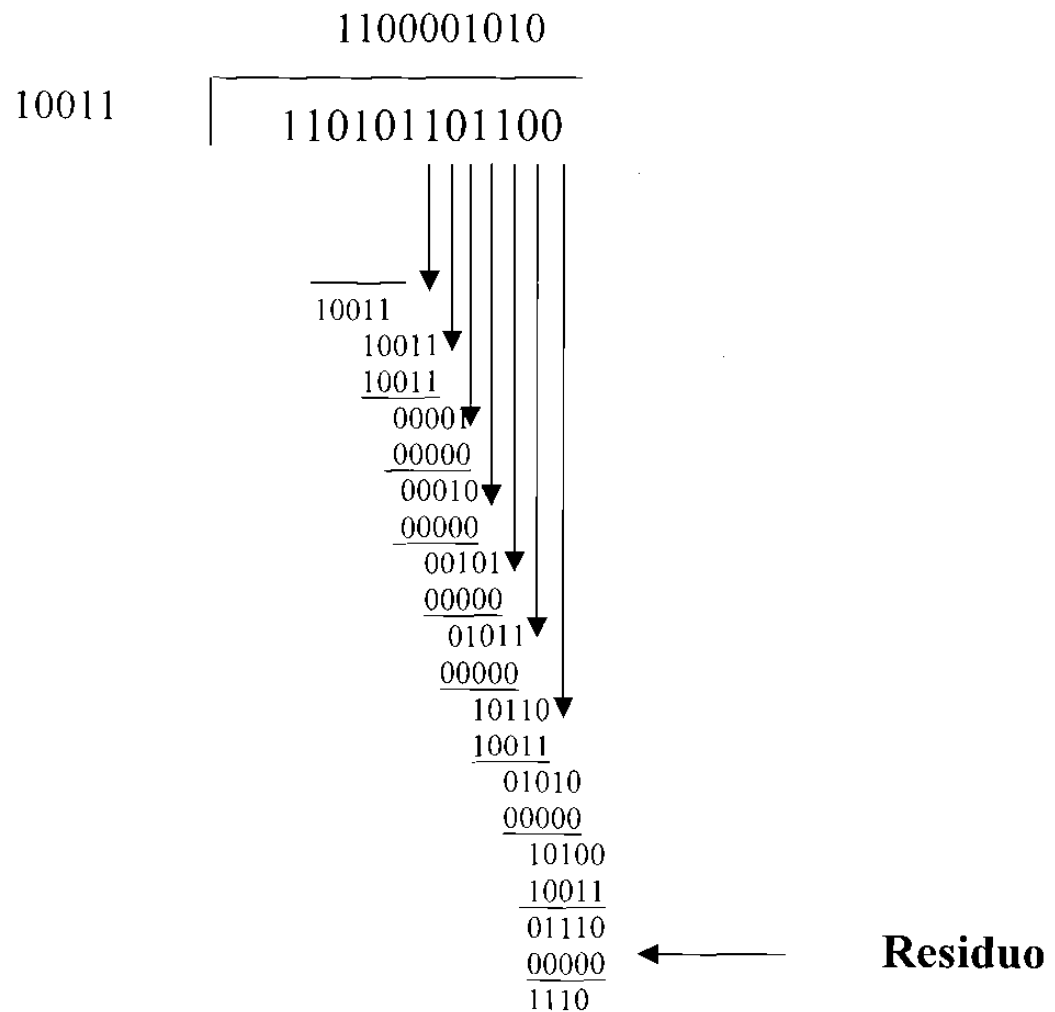
Cuando se emplea el método del polinomio, el emisor, y receptor deberán estar de acuerdo a un polinomio generador  $G(x)$ , en forma anticipada los bits de orden superior e inferior del generador deben ser para calcular el código de redundancia grande que el polinomio generador. La idea básica consiste en incluir un código de redundancia al final de la trama, de tal manera que, el polinomio representado por la trama con el código de redundancia sea divisible por  $G(x)$ . Cuando el receptor recibe la trama de suma comprobada, intenta dividirla entre  $G(x)$ . Si existe una resta, habrá ocurrido un error de transmisión. El algoritmo para calcular la redundancia es el siguiente:

- 1.- Sea  $r$  el grado de  $G(x)$ . Agregar  $r$  bits a cero al extremo de orden inferior de la trama, de tal manera que ahora contenga  $m + r$  bits, y corresponda al polinomio  $x^r M(x)$
- 2.- Dividir la serie de bits correspondientes a  $x^r M(x)$  entre la serie de bits correspondientes a  $G(x)$ , empleando la división en la transmisión.
- 3.- Restar el resto (que siempre tiene  $r$  o menos bits ) de la serie de bits correspondientes a  $x^r M(x)$ , empleando la resta en la transmisión (módulo 2). El resultado es la trama lista para transmitir. Llámese Transmisión a este polinomio.

**Trama: 1101011011**

**Generador: 10011**

**Mensaje después de añadir 4 bits 0: 11010110110000**



Trama Transmitida: 1 1 0 1 0 1 0 1 1 1 1 1 0

**Figura 7.4** . calculo para la trama **1101011011**, usando el método del polinomio

## 7.5 DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE ERRORES

El control de errores implica (1) técnicas de diseño y fabricación de equipo y enlaces de transmisión para comunicación de datos que reduzcan el porcentaje en errores y (2) metodologías para detectar y corregir los errores introducidos durante la transmisión de los datos. Las metodologías se dividen en cuatro categorías:

- Ignorar errores
- Comprobación de circuitos c de eco
- Detección de errores con retransmisión
- Detección de errores con corrección automática.

**Ignorar los errores:** se puede hacer en sistemas de comunicaciones de datos que manejan mensajes no críticos formados principalmente por lenguaje ordinario. Esta metodología reduce los costos de la transmisión de datos y aumenta el procesamiento total debido a que no comprende planes de detección y corrección de errores.

**Prueba de circuito de eco:** la prueba de circuito de eco no utiliza una clave especial sino que a medida que se recibe cada carácter u otra unidad pequeña del mensaje, se transmite de vuelta al transmisor, que lo comprueba para determinar si es lo mismo que lo recién enviado. Si es incorrecto, se transmite el carácter por segunda ocasión.

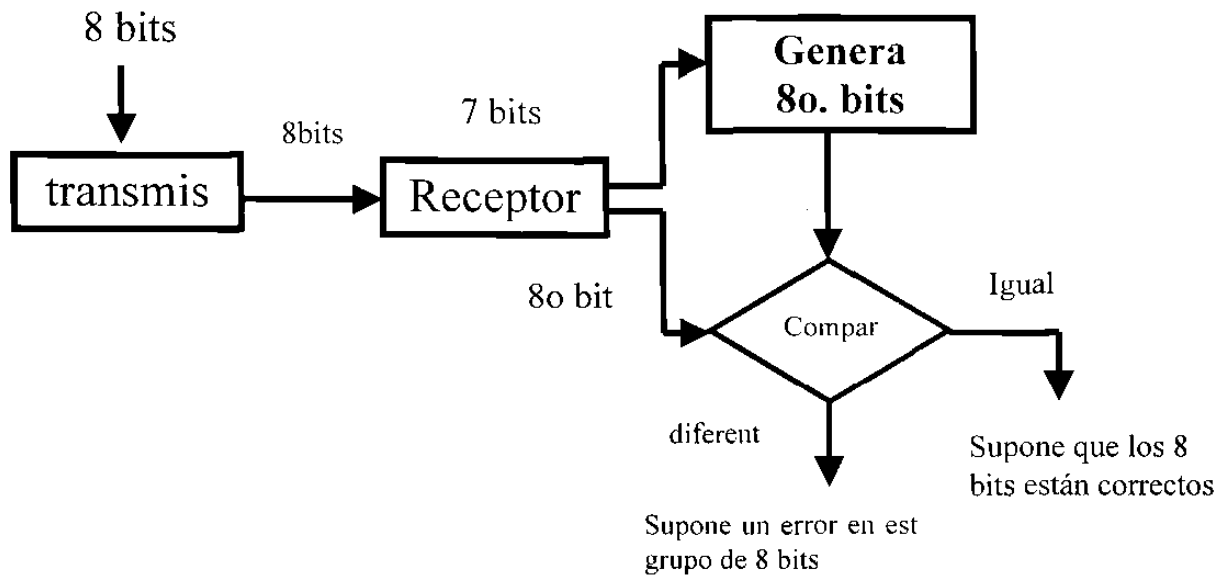
Este método de detección de errores desperdicia la capacidad de transmisión porque cada mensaje (fraccionado) se transmite al menos dos veces. La prueba de circuito o de eco se utiliza en líneas coaxiales alambradas permanentemente con terminales de baja velocidad.

**Detección de errores con retransmisión:** los dispositivos transmisores y receptores de datos, computadoras delanteras, módems y programática tienen incorporados planes de detección de errores y retransmisión, que incluyen la detección de un error y su retransmisión inmediata, detección del error y retransmisión posterior o detección del error y retransmisión e, por ejemplo. Tres intentos y después retransmisión diferida o cosas por el estilo. La detección del error y la retransmisión es la manera más sencilla y más efectiva, si se maneja apropiadamente, y menos costosa de reducir los errores en la transmisión de datos. Algunos de los métodos comunes para la detección de errores son al prueba de paridad, claves de relación constante y prueba polinómica.

### **7.5.1 Prueba de paridad**

Al analizar una forma común de la estructura de codificación USASCII, se puede observar que uno de los ocho bits que forman cada carácter es decir que su valor está determinado únicamente por los valores de los otros siete y que por lo tanto no es necesario. Ya que este octavo bit no puede transmitir información nueva, su propósito es confirmar información anterior. En la siguiente figura se muestra la lógica de su uso:





**Figura 7.5** Prueba de prioridad

La regla más común para fijar el valor del bit redundante utiliza la “paridad” (característica par o impar) del número de unos en la clave. Por ejemplo, para un sistema de codificación de paridad par utilizando USASCII:

La letra “v” se codifica como 0110101 y se agrega un cero en la posición de paridad (octava) ya que hay cuatro dígitos 1, es decir un número par, y se obtiene entonces V= 01101010

La letra "W" se codifica como 0001101 y se agrega un 1 en la posición de paridad para que el número de dígitos 1 sea par, se obtiene W 0 00011011.

La prueba de paridad detecta un solo error ( cambia de un 1 a 0 o viceversa ) pero no se puede deducir nada acerca de la posición del bit erróneo. Si se invierten los estados de dos bits, la prueba de paridad no detectará el error.

Una técnica adicional de prueba de paridad es la prueba cíclica ( que también se conoce como paridad entrelazada ). Este método requiere de dos bits de paridad por carácter.

**Claves de relación constante:** son claves de comunicaciones de datos especiales que tienen una relación constante de la cantidad de bits 1 a la de bits 0. Estas claves detectan un error siempre que el número de bits 1 y 0 no estén en su relación apropiada.

**Pruebas de polinomio:** las pruebas de polinomio sobre bloques de datos se realizan a menudo para la transmisión asíncrona. En este tipo de pruebas de mensajes se prueban todos los bits del mensaje aplicando un algoritmo matemático.

## **7.6 DETECCIÓN DE ERRORES CON CORRECCIÓN AUTOMÁTICA**

Este enfoque, que también se conoce como corrección de errores hacia adelante, comprende claves con suficiente redundancia para detectar y corregir errores en el equipo receptor sin retransmitir el mensaje original.

La redundancia, o bits adicionales requeridos va desde una pequeña proporción de bits adicionales hasta redundancia del 100%, en que el número de bits de datos para detección de errores es un aproximadamente igual al número de bits de datos. Una característica de muchas claves de corrección de errores es que debe haber una cantidad mínima de bits correctos entre ráfagas de errores.

### 7.6.1 Técnica Hamming

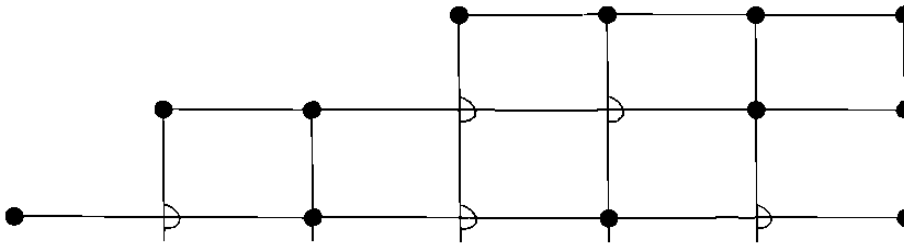
Cuando tenemos dos palabras código cualesquiera, por ejemplo 10001001 y 10110001, es posible determinar cuantos bits correlativos difieren. En este caso, tres son los bits que difieren. Para determinar cuantos bits difieren, se lleva a cabo una operación EX – OR entre las dos palabras código, y se cuenta el número de bits con valor 1 del resultado. Al número de posiciones de bits, en el cual dos palabras código difieren, se le conoce como **Distancia Hamming**. Su significado consiste en que, si dos palabras claves se encuentran separadas por una distancia Hamming de valor  $d$ , se necesita tener  $d$  errores de bits individuales para convertir a una en la otra.

Dado el algoritmo para calcular los bits de redundancia es posible construir una lista completa de las palabras código legales y, a partir de ésta, encontrar las dos palabras código cuya distancia Hamming sea mínima. Esta distancia es la distancia Hamming del código completo.

Las propiedades de corrección y detección de errores de un código, dependen de su distancia Hamming. Para detectar  $d$  errores, se necesita contar con un código de distancia  $(d + 1)$ . Cuando el receptor ve una

palabra código inválida, puede decir que ocurrió un error en la transmisión. De la misma manera, para llegar a corregir  $d$  errores, se necesitará tener un código con una distancia de  $(2d + 1)$ .

La técnica Hamming asocia bits de paridad par con combinaciones únicas de bits de datos. Tiene la capacidad de corregir solamente un error en un bloque de datos de determinadas dimensiones. Utilizando una clave de cuatro bits de datos ( como ejemplo, se puede representar un carácter mediante la configuración de bits de datos 1 0 1 0. Se agregan tres bits de paridad P1, P2 y P4 para producir una clave de siete bits, como se muestra en la figura. Note que los bits de datos (D3, D5, D6 y D7) son 1 0 1 0 y que los bits de paridad ( P1, P2 y P4) son 1 0 1.



Bits de verificación indicadores de error de paridad.			Bits Erróneo
P4	P2	P1	
0	0	0	Ninguno
0	0	1	P1
0	1	0	P2
0	1	1	D3
1	0	0	P4
1	0	1	D5
1	1	0	D6
1	1	1	D7

Interpretación de patrones de bits de paridad

( 0 = correcto, 1 = erróneo )

**Figura 7.6.** Relaciones de prueba entre bits de paridad (P) y bits de datos (D)

El bits de paridad P1 se aplica a los bits de datos D3, D5 y D7, el bit de paridad P2 se aplica a los bits de datos D3, D6 y D7 en tanto que el bit de paridad P4 se aplica a los bits de datos D5, D6 y D7. P1 debe ser igual a 1 puesto que solo hay un |1 entre D3, D5 y D7 y la paridad debe

ser par. En forma 2analoga, P2 debe ser cero ( 0 ) puesto que D3 y D6 son 1s. P4 es 1, puesto que D6 es el único 1 entre D5, D6 y D7.

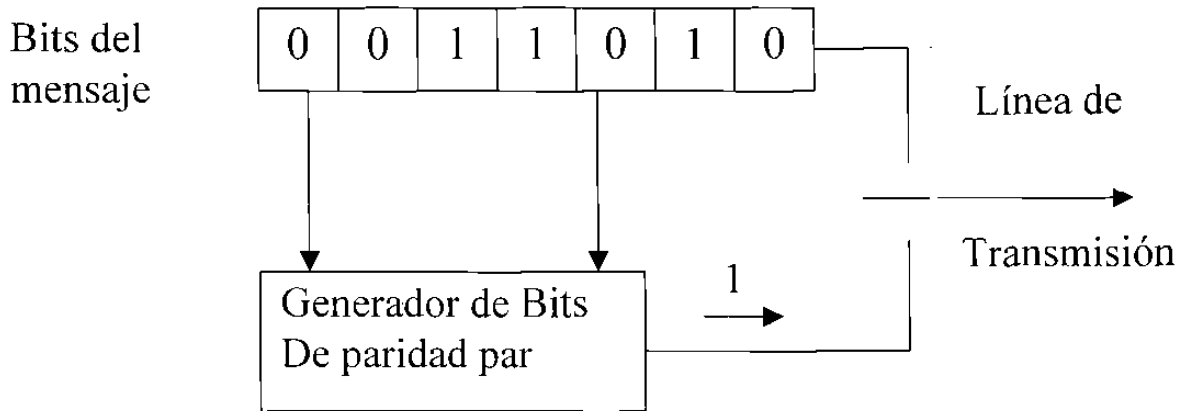
Ahora suponga que durante la transmisión, el bits D7 cambia de 0 a 1 a causa del ruido de la línea. Debido a que P1, P2 y p4 prueban este bits de datos, los tres bits de paridad muestran paridad impar en vez de paridad par correcta. (D7 es el único bit de dato probado por los tres bits de paridad, por lo que siempre que D7 este equivocado los tres bits de paridad mostrarán paridad incorrecta )

De esta manera, el equipo receptor puede determinar que bits fue erróneo e invertir su estado, corrigiendo así el error sin retransmisión.

### **7.6.2 Código de Hagelbarger**

El código Hagelbarger corrige hasta seis errores consecutivos sin la limitación de agrupar en bloques los datos transmitidos. Sin embargo, el código Hagelbarger exige que al grupo de errores le sucedan por lo menos 19 bits válidos antes de poder encontrar otros bits erróneos.

En la siguiente figura se muestra el codificador Hagelbarger. Los bits del mensaje entran uno por vez al registro de 7 bits. Después que ingresa un nuevo bits se verifica el contenido de las posiciones primera y carta del registro y un generador de bits de paridad / suma del módulo 2 ) verifica estas dos posiciones. La salida del registro de 7 bits, o sea la última oposición y la del generador del bits de paridad se envían alternadamente por la línea de transmisión ( redundancia del 100 %). Por lo tanto, cada bits de mensaje está vinculado por la paridad con el cuarto bits que le precede y sucede.



**Figura 7.7** codificador Hagelbarger

En la figura siguiente se describe el codificador Hagelbarger. A medida que se recibe la sucesión de bits, los correspondientes al mensaje se encaminan hacia la primera posición del registro, mientras que los de paridad se derivan a un registro circulante.

Después de recibir cada bits de paridad ( y el bit del mensaje que lo acompaña ) se hacen dos verificaciones de paridad A comprueba las posiciones 1 y 4 del registro de mensajes, mientras que B verifica las posiciones 4 y 7 . si ambas salen mal ( la paridad es impar), el bits de la cuarta posición es erróneo y se invierte antes de pasar a la posición 5. Si la verificación A indica que la paridad es par y que B es impar, la décima posición del registro circulante contiene un error y debe invertirse antes de que se pueda utilizar.

### 7.6.3 CÓDIGO DE CONVOLUCIÓN

Son una importante clase de códigos utilizados en telecomunicaciones. Estos difieren de los códigos de bloque al codificar los bits de datos en una serie continua a diferencia de los bits  $K$  que lo hacen uno a la vez. Una vez que los  $K$  bits son alimentados al encoder un total de  $n$  bits de salida son obtenidos.

Los bits que se obtienen a la salida son igual a  $N - 1$  de los bits de entrada, lo cual nos determina el estado actual del encoder. El promedio efectivo de un encoder de convolución es determinado por  $K/n$ . Tales códigos pueden ser extremadamente poderosos pero comúnmente utilizan grandes cantidades de procesamientos de información; comúnmente ocupan un promedio código de  $2/3$  o  $1/2$ , con un 50 ó 100% de este.

Dos clases de códigos de bloques que son suficientemente poderosas para llevar a cabo el código de convolución son: el BosChaudurri (BC) y Reed-Solomon.

Otra clase de código es el Terllis, el cual es comúnmente usado con señales más complejas.

### 7.6.4 Código Bose-Chaudurri

Este es un código de acción progresiva realizado por R.C. Bose y D.K. Cahudurri. Tiene una distancia Hamming de 5 y por lo tanto puede corregir errores dobles. Tiene la capacidad de detectar hasta cuatro errores.

Tanto la Beckman Instruments como la Bell Telephone consideraron el uso de las propiedades detectores de este código y lo utilizan en sus equipos, y ambas han preferido corregirlas por



retransmisión antes que valerse de las propiedades correctoras del código, que son menos eficientes. El código fue proyectado en un principio para introducir 10 bits de verificación por cada 21 bits de información. En la versión Bell se utilizarían 12 de verificación por 48 de información y en los Beckman 30 por cada 992.

Este código nos sirve para la detección de errores por bloques, es decir, no detecta un error en particular, simplemente nos dice si un bloque está transmitiendo correctamente o no.

#### **7..6.5 Codificación Trellis**

Un sofisticado método de transmisión es la codificación Trellis. En un módem de codificación trellis, el flujo de datos que se va a transmitir se divide en grupos de 4 bits conocido como cuadrabits, que se designarán como Q1, Q2, Q3 y Q4 ya que estos grupos llegan uno después de otro, se designarán grupos sucesivos de bits que llegan como Q1a, Q2a, Q3a, Q4a, Q1b, Q2b, etc. Los primeros dos bits en el tiempo (Q1 y Q2) de cada grupo son codificados diferencialmente por el módem para producir dos nuevos bits Y1, Y2. La codificación diferencial es realizada de acuerdo a una tabla que produce Y1c y Y2c ( por ejemplo ) al comparar bits Q1c y Q2c con los bits previamente codificados Y1b, Y2b, que en su turno producidos al comparar bits Q1b , Q2b con Y1b y Y2a. En otras palabras el proceso de codificación continuamente produce nuevos bits Y al comparar los recién llegados bits Q1, Q2 con los bits Y1 y Y2. Los bits Y producidos por este proceso son usados como entrada a un codificador convencional sistemático, que genera un bits redundante Y0. Este bits redundante y los cuatro bits de información Y1c, Y2c, Q3c y Q4c ( por ejemplo ) son entonces colocados dentro de las coordenadas del elemento de señal a ser transmitido de acuerdo a un diagrama de espacio de señal.

La característica importante de la codificación trellis no es su espacio inusual de señal sino la robustez producida al codificar un bits redundante en la señal transmitida. Los módems que usan la codificación trellis son capaces de tolerar una señal de 4 dB menos de la relación señal a ruido que los módems convencionales.

Ya que la susceptibilidad de módems QAM convencionales a las imparidades de transmisión una nueva generación de módems basados en esta codificación serán desarrollados. Estos módems toleran el doble de ruido de los módems convencionales, permitiendo 9600 bauds de transmisión sobre una red telefónica conmutada y transmisión confiable a velocidades que alcancen desde 14400 hasta 19200 bauds en líneas privadas de buena calidad.

En un módem QAM convencional cuando una imparidad de la línea ocurre, la imparidad causa que el punto de la señal recibida sea desplazado de su localización apropiada de la señal. El receptor entonces selecciona un punto de la señal que se encuentre lo más próximo a lo que recibió, obviamente cuando imparidades de línea son suficientemente largas como para causar que el punto recibido se encuentre más cerca, se genera un error. Para minimizar las posibilidades de tales errores, TCM emplea una codificación que añade un bit redundante a cada intervalo de símbolo.

## 7.8 PROTOCOLOS DE DETECCIÓN DE ERRORES

Protocolo de muestreo ( Spoofing ) . algunos módems tienen una característica que los hacen adecuados para la transmisión de archivos en bloques, ya que los módems manejan el control del flujo de información con caracteres Xon- Xoff o con “handshaking” los detectores de error y los mecanismos que los manejan ( Kermit, Xmódem, Ymódem y el UUCPG ) son redundantes. De hecho, si los módems usaran todos los detectores de errores disponibles y le dieran “vuelta a la línea” la transmisión sería mucho más lenta.

Algunos tipos de módems ( como los Telebit ) resuelven este problema usando el protocolo Spoofing ( protocolo de muestreo ). Cuando se reconoce que está usando el protocolo de transferencia, el módem que se encuentra en la línea del lado de transmisión, asume la responsabilidad de revisar los paquetes de información y les ponen etiquetas; por su parte, el módem de recepción toma esas etiquetas y las revisa. Con esto se elimina virtualmente casi todos los retardos de transmisión y los retardos de vuelta a la línea.

Esto es, teóricamente posible para cualquier corrector de errores que maneje un módem, con protocolo de muestreo y especialmente para los módems half-duplex.

### 7.8.1. Tipos de protocolos

Dependiendo del tamaño de los paquetes de información, serán sus requerimientos. Para pocos paquetes de requiere más precaución. Pero son fáciles de retransmitir. Para paquetes más grandes, lo que se requiere es disminuir el tiempo, y esto se logra disminuyendo el número de retrasmisiones.

El protocolo más sencillo es el que envía junto con la información caracteres ASCII, después del puerto serial, ya que la información llega a este sin ningún tipo de detector de errores.

Actualmente uno de los protocolos más usados es el Xmódem, también conocido como protocolo Christiansen. Cada bloque del Xmódem cuenta con 128 bits, entre información y Checksum (detección). Fue uno de los primeros protocolos del dominio público y se han hecho muchas variantes del mismo. A continuación se verán algunos.

- **XMODEM 1K:** es una versión del Xmódem que utilizó bloques de 1024 bits en vez de 128 bits. Muchos le llaman también el Ymódem. Este protocolo añade un “batch-file” para poder transmitir varios archivos en una sola operación (Ymódem Batch). Otra variante de este es el Ymodem G, este se utiliza con módems de control de error y si se detecta algún error en ambos muy probablemente el error venga desde la PC transmisora.
- **KERMIT:** desarrollado por la universidad de Colombia, maneja 7 y 8 bits binarios aparte de archivos ASCII. Es el estándar para comunicaciones de trenes de pulsos su particular habilidad para negociar un nivel común entre diferentes equipos lo hace muy utilizado. Puede adaptarse al tamaño de los bloques de datos, pero esto puede causar más retardos que si se utilizara el Xmódem.

- **ZMODEM:** es la primera elección para BBS's, lo caracteriza su poca saturación, rentabilidad y velocidad. Se ajusta a la medida de los bloques de información dependiendo de las condiciones de la línea y utiliza un detector de errores CRC de 32 bits.
- **MNP:** (Microcom Networking Protocol ) son protocolos de errores y compresión de datos en Software. Tiene la ventaja de que si no se tiene este equipo de un lado de la línea se puede hacer el lazo con un solo equipo. Reduce el ruido de línea que aparece en la pantalla y aumenta grandemente la velocidad.

# **CAPITULO 8**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1 CONCLUSIONES**

Un enlace de comunicaciones, aún por más perfeccionado que sea su diseño, nunca estará libre de errores. Estos errores nos provocan diversos problemas en la recepción de información, los cuales pueden llegar hasta la pérdida completa de un mensaje.

Este problema es algo muy común en todos los sistemas de transmisión de datos, y lo seguirá siendo durante mucho tiempo. Esto lo podemos concluir ya que en los equipos más nuevos que se están usando en estos días, también se presentan errores, y dado el tiempo de vida útil de los equipos y su degradación con el tiempo, es obvio que estos errores y más se seguirán presentando.

Los errores pueden ser provocados por diferentes problemas existentes en el enlace, tales como ruido y defectos en la línea, y se

manifiestan como exceso o falta de bits de información, inversión de la polaridad del bit o en el peor de los casos la pérdida completa de la información.

Para tratar de minimizar estos errores, se han ideado diferentes técnicas, tanto de detección como de corrección de los mismos. Esta detección de errores se realiza dentro de la segunda capa del mismo OSI, es decir, la capa de enlace.

Las técnicas, van desde la más sencilla, que consiste en que la información que se envía a un receptor sea devuelta al transmisor para confirmar que se recibió correctamente, hasta la más compleja, en la que ya se maneja un código entre los diferentes equipos.

Estas técnicas se basan en diferentes códigos, los cuales se forman de bits que se agregan a la señal de información, con el fin de eficientizar el tiempo de transmisión y la calidad de la misma.

Entre las técnicas más utilizadas para la corrección de los errores se encuentran: la Hamming y la Hagelbarger.

Alguna de las diferencias entre estas dos técnicas son que mientras la Hamming corrige solo un error en un bloque de determinadas dimensiones, la Hagelbarger corrige hasta seis errores consecutivos sin la limitación de agrupar en bloques los datos transmitidos.

Sin embargo, el código Hagelbarger exige que al grupo de errores le sucedan por lo menos 19 bits válidos antes de poder encontrar otros bits erróneos, lo que no sucede con la técnica Hamming.

Según los requerimientos del enlace que se maneje, ya sea de velocidad o de cantidad de transmisión, se podrá determinar el tipo de técnica de elección y corrección de errores que más se adecue al sistema.

## **8.2 RECOMENDACIONES**

Básicamente existen dos estrategias para controlar los errores en un sistema digital al nivel de la codificación lógica: 1) El diseñador puede construir un sistema con un tipo de señal más robusto para reducir la probabilidad de errores para una relación dada de señal a ruido; una transmisión con densidad de información más baja es de forma inherente más robusta, por ejemplo, si un módem de 16 QAM, el cual transmite 4 bits por símbolo, sufre un error que afecta a dos símbolos adyacentes, una palabra completa de 8 bits será perdida, por el contrario, en el caso de la transmisión de una portadora telefónica T1, la pérdida de dos símbolos afectará menos, especialmente si esto ocurre en el caso de los bits menos significativos; 2) El diseñador puede codificar la señal de tal forma que los errores pueden ser detectados y corregidos antes de la salida final del convertidor D/A; una vez que el error ha ocurrido, existen algunos procedimientos que permiten la corrección de los errores (las técnicas de corrección de errores consumen más ancho de banda), por lo tanto deberá efectuarse un compromiso entre la técnica de corrección de errores y la eficiencia del espectro. Las técnicas de corrección de errores digitales es un proceso particular para la solución de algunos problemas de los sistemas móviles.



# BIBLIOGRAFÍA

- Roger L. Freeman, Telecommunication System Engineering, Wiley Interscience, 1989
- Leopoldo Villarreal, Apuntes de Redes de Alta Velocidad, FIME-UANL, 1999
- Wayne Tomasi, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Editorial Prentice-Hall, 1996
- Gary M. Miller, Modern Electronics Communication. Editorial Prentice-Hall, 1988.
- Paul R. Timm & Christopher G. James, Business Communication: Getting Results. Editorial Prentice-Hall, 1987.
- Consorcio Red Uno, S.A. de C.V., Redes Telefónicas. 1998. [www.reduno.com.mx/direccion/tecnoweb/telefonía/historia.html](http://www.reduno.com.mx/direccion/tecnoweb/telefonía/historia.html).
- Uyles Black, ATM: Foundation For Broadband Networks. Editorial Prentice Hall, 1995.
- William A. Flanagan. The Guide to T-1 Networking. Editorial Telecom Library, 1988.
- Jean Walrand, Communication Networks. Editorial Aksen Associates, 1991.
- Héctor Jiménez, Simulación de Redes de Comunicaciones de Cobertura Amplia Basado en Algoritmo de Enrutamiento Dinámico. Examen Escrito Aprobado, UABC, 1995.
- Smoot Carl-Mitchell & John Quarterman, Practical Internetworking with TCP/IP and Unix. Editorial Addison-Wesley, 1993.
- Andrew S. Tanenbaum, Redes de Ordenadores. Editorial Prentice Hall, 1991.
- Philip Smith, Frame Relay, Principles and Applications. Editorial Addison-Wesley, 1993.
- Mark A. Miller, Analyzing Broadband Networks. Editorial M&T Books, 1997.

# LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> Diagrama de bloques simplificado de un sistema de comunicaciones: a ) de solo una dirección; (b) Ambas direcciones.....	<b>10</b>
<b>Figura 2.2</b> composición de la fibra óptica.....	<b>16</b>
<b>Figura 3.1</b> Diagrama de bloques de un sistema PCM simplificado.....	<b>28</b>
<b>Figura 4.1</b> Transmisión de voz sobre la red de datos.....	<b>34</b>
<b>Figura 4.2</b> Red de PBXs.....	<b>37</b>
<b>Figura 4.3</b> Interconexión con telefonía publica e IP.....	<b>39</b>
<b>Figura 5.1</b> Formato de la trama Frame Relay.....	<b>50</b>
<b>Figura 5.3</b> ¿Cómo trabaja Frame Relay.....	<b>57</b>
<b>Figura 7.1.</b> Técnica de Redundancia para la detección de error de datos.....	<b>75</b>
<b>Figura 7.2.</b> a) LRC Y VRC PARIDAD PAR. b).- VRC IMPAR Y LRC PAR.....	<b>76</b>
<b>Figura 7.4</b> . calculo para la trama <b>1101011011</b> , usando el metodo del polinomio.....	<b>80</b>
<b>Figura 7.5</b> Prueba de prioridad.....	<b>83</b>
<b>Figura7.6.</b> Relaciones de prueba entre bits de paridad (P) y bits de datos.....	<b>87</b>
<b>Figura7.7</b> Codificador Hagelbarger.....	<b>89</b>

# GLOSARIO

**A/D** : Acrónimo de Analog to Digital [De analógico a digital] Expresa la conversión de un sistema al otro.

**AM** : Acrónimo de Amplitude Modulation [Amplitud modulada] La más sencilla de las fórmulas de modulación de los módems caída en desuso debido a la facilidad con la que es interferida. Las ondas de amplitud pequeña se representan por el '0' (cero) binario y las de amplitud grande por el '1' binario.

**ANALÓGICO**: Representación continua de variables físicas, como la tensión o la intensidad.

**ANCHO DE BANDA** : 1) Es la cantidad de información, normalmente expresada en bits por segundo, que puede transmitirse en una conexión durante la unidad de tiempo elegida. Es también conocido por su denominación inglesa: bandwidth. 2) Rango de frecuencias asignadas a un canal de transmisión. Corresponde al ancho existente entre los límites de frecuencias inferior y superior en los que la atenuación cae 3 dB.

**ATM** : 1) Acrónimo de Asynchronous Transfer Mode [Modo de transferencia asíncrona] Es el modo de transferencia definido internacionalmente para la 'RDSI-BA' ('B-ISDN') en el que la información se organiza en células.

**BINARIO**: Sistema de numeración de base 2 que utiliza los símbolos 0 y 1; se representan por la presencia y la ausencia de tensión eléctrica.

BIT: Cifra binaria; número en notación binaria.

**CCITT** : 1) Acrónimo de Consultative Committee on International Telegraph and Telephone [Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía] Organismo internacional, integrado en la 'UIT', encargado de establecer recomendaciones referentes a las telecomunicaciones.

**CRC** : Acrónimo de Cyclic Redundancy Check [Comprobación de redundancia cíclica] Método de verificación de errores que comprueba la integridad de un bloque de datos. Puede ser de 16 bits (CRC-16) y de 32 bits (CRC-32).

**DIGITAL** : Representación de información mediante combinaciones de unidades binarias, siendo el 'bit' la empleada en informática.  
los envía.

**FM** : Acrónimo de Frequency Modulation [Frecuencia modulada] que significa 'modulación por desplazamiento de frecuencia'.

**FSK** : Acrónimo de Frequency-Shift Keying [Manipulación del desplazamiento de la frecuencia] que significa 'modulación por desplazamiento de frecuencia'.

**FULL DUPLEX** : [Duplex completo] Comunicación de datos que se mantiene bidireccional y simultáneamente y cuyos caracteres enviados al ordenador remoto se visualizan en la pantalla del ordenador que los envía.

**HERTZ** : Abreviado como: Hz. Unidad de frecuencia igual a un ciclo por segundo. En castellano: Hercio.

**IEEE** : Acrónimo de Institute of Electrical and Electronics Engineers [Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos] Instituto de ingenieros norteamericanos que dicta recomendaciones y normalizaciones con ámbito internacional

**ISDN** : 1) Acrónimo de Integrated Services Digital Network [Red digital de servicios integrados] Red que da soporte a varios canales digitales siguiendo las recomendaciones del 'CCITT'..

**NETWORK** : [Red] Servicio de comunicación de datos entre ordenadores.

**OSI** : Acrónimo de Open Systems Interconnection [Interconexión de sistemas abiertos] Esta arquitectura está dividida en siete capas

**PROTOCOLO**: Conjunto de reglas que definen la forma en que las computadoras se comunican entre sí.

**PSK** : Acrónimo de Phase-Shift Keying [Codificación de fase desplazada] debería traducirse por 'modulación por desplazamiento de fase'

**QAM** : Acrónimo de Quadrature Amplitude Modulation [Cuadratura de amplitud modulada] que debería traducirse como 'modulación de cuadratura y amplitud'

**RTC** : Acrónimo de 'Red Telefónica Conmutada'. Red que soporta facilidades de conmutación sobre canales telefónicos analógicos de 3, 1 KHz. Término sinónimo de 'RTB' aunque 'TESA' no lo utilice oficialmente.

**RUIDO** : Interferencias y perturbaciones que se añaden a una transmisión de datos causando distorsiones de los mismos y hasta la pérdida de portadora que implica la desconexión.

**TCP** : Acrónimo de Transmission Control Protocol [Protocolo de Control de Transmisión] Uno de los protocolos que permiten conectar ordenadores entre sí.

**UDP** : Acrónimo de User Datagram Protocol [Protocolo de datagrama de usuario] Uno de los protocolos TCP/IP que proporciona transferencia de datos sin muchas de las fiables capacidades de entrega de 'TCP'. Esto redundante en un menor consumo de los recursos de la 'UCP' y resulta muy útil cuando la entrega de datos no requiere férreos sistemas de garantía

## **RESUMEN AUTOBIOGRAFICO**

Héctor Francisco Cienfuegos Frausto, deseando obtener el grado de Maestro en Ciencias, de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería con Especialidad en Telecomunicaciones, presentando la tesis “Transmisión Digital En Telecomunicaciones” , siendo egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. De la carrera de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones, actualmente Catedrático de la misma. Anteriormente ha ocupado diversos puestos en empresas privadas como: CHESTERTON MEXICANA, NISSAN DEL RIO Y RADIO BEEP.

Nació el 30 de marzo de 1963, en la ciudad de Monterrey N.L. México. Su padre Sr. Héctor Aurelio Cienfuegos Casanova, originario de Burgos Tamaulipas. y Margarita Frausto de C. originaria de San Francisco Del Rincón Guanajuato. Hermanos: Lucina Margarita, Laura Georgina, Leopoldo Rene y José Gilberto.

