



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Contaduría  
y Administración

COMUNICACION DE  
COMPUTADORAS

*Seminario de Investigación de Informática*

Que en opción al Grado de  
LICENCIADO EN INFORMATICA

p r e s e n t a

LAURA EDITH ALBORNOZ TRUJILLO

Profesor del Seminario:  
C.P. y M.B.A. J. ANTONIO ECHENIQUE

México, D. F.

1992

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E

	PAGS.
INTRODUCCION.....	1
I. ANTECEDENTES DE REDES.....	3
1.1 PROTOCOLS DE ENLACE.....	3
1.1.1 ORIGEN DE LOS PROTOCOLOS DE COMUNICACION.....	3
- DEFINICION DE PROTOCOLO DE COMUNICACION.....	5
1.2 TIPOS DE MODULACION DE SEÑAL.....	6
- BAUDIO.....	6
- LA VELOCIDAD EN BAUDIOS (Baud Rate).....	6
- CAPACIDAD DE UN CANAL DE COMUNICACIONES.....	6
1.3 CLASIFICACION DE CIRCUITOS.....	7
- TRANSMISION ASINCRONA Y SINCRONA.....	7
- CIRCUITOS Y MODOS DE OPERACION.....	8
1.4 HALF DUPLEX Y FULL DUPLEX.....	9
1.5 FORMAS DE CONEXION DE TERMINALES.....	11
- CONFIGURACION DE ESTRELLA.....	11
- LINEA MULTIPUNTO.....	11
- ORGANIZACION DE ANILLO.....	16
- CONFIGURACION DE ARBOL.....	16
II. ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACION.....	17
2.1 ADAPTADORES DE COMUNICACION.....	17
2.2 COPROCESADORES DE DATOS.....	18
- RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DE ALGUNOS CODES.....	20
2.3 MODEMS.....	20
2.4 PUENTES.....	21
2.5 PROTECTORES DE LA RED.....	22
- MULTICANALIZADORES.....	22
- TECNICAS DE MULTICANALIZACION.....	22
- COMPONENTES FISICOS DE UN MULTICANALIZADOR.....	25
- SOFTWARE INVOLUCRADO.....	25
- BARRIDO DE LOS ADAPTADORES.....	26
- ADAPTADORES.....	27
- FUNCIONES EJECUTABLES.....	27
- CONCENTRADORES.....	28
2.6 CONTROLADORES.....	29
2.7 PROCESADORES DE COMUNICACIONES.....	30

- CONMUTACION ANTERIOR.....	30
- COMUNICACION POSTERIOR.....	31
- SUAVIZACION DEL TRAFICO.....	31
- CONMUTACION DE MENSAJES.....	31
- CONSIDERACIONES DE RESPALDO.....	32
- CONMUTADOR PARA PROCESADORES DE COMUNICACIONES.....	32
- CONMUTADOR DE LA LLAVE DE PASO.....	32
- CONMUTADORES DE RETROCESO.....	32
<b>III. MEDIOS FISICOS DE TRANSMISION.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 FISICOS TERRESTRES.....</b>	<b>33</b>
3.1.1 PAR DE CABLES TORNEADOS.....	33
3.1.2 CABLE COAXIAL DE BANDA ANGOSTA.....	34
3.1.3 CABLE COAXIAL DE BANDA ANCHA.....	35
3.1.4 FIBRAS OPTICAS.....	35
- PARAMETROS CARACTERISTICOS DE LAS FIBRAS OPTICAS.....	36
- ATENUACION.....	36
- ANCHO DE BANDA.....	37
- APERTURA NUMERICA.....	37
- PERFIL DEL INDICE DE REFRACCION.....	37
- TIPOS DE FIBRAS.....	38
- USO EN REDES TELEFONICAS.....	38
- MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS.....	38
- CARACTERISTICAS BASICAS DE UN MEDIO DE TRANSMISION.....	38
- RESISTENCIA.....	38
- INDUCCION.....	39
3.1.5 INTERCONEXIONES ESTANDARES.....	39
- RS-232C (CCITT V.24/ISO 2110).....	40
- V.25 Y V.35.....	40
- RS-449 (V.24/ISO 4902).....	41
- X21.....	41
- IEEE 488.....	42
- INTERFACE PARALELA (TIPO CENTRONIC).....	42
- INTERCONEXION X.22.....	42
<b>3.2 ESPACIO AEREO.....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.1 MICROONDAS.....</b>	<b>43</b>
- SATELITES, ESTACIONES TERRESTRES Y SU UTILIZACION.....	44
- CARACTERISTICAS DEL MEDIO.....	44
- ESTACIONES TERRESTRES.....	45
- MEJORA CUALITATIVA DE LA TRANSMISION.....	46
- ALTERNATIVAS AL SATELITE.....	46
<b>3.2.2 INFRARROJO.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.3 RUIDOS.....</b>	<b>48</b>

- RUIDO ALEATORIO BLANCO O GAUSIANO.....	48
- RUIDO DE IMPULSO.....	48
- ATENUACION.....	49
- ECOS.....	49
3.3 INTERFAZ ESTANDAR DE COMUNICACIONES.....	50
3.4 CONTROL DE ERRORES.....	52
3.4.1 DETECCION Y CORRECCION DE ERRORES DE TRANSMISION.....	52
- DETECCION DE ERRORES DE TRANSMISION.....	53
- METODOS DE DETECCION POR PARIDAD.....	54
- CHEQUEO DE REDUNDANCIA VERTICAL VCR.....	54
- CHEQUEO DE REDUNDANCIA LONGITUDINAL.....	55
- CHEQUEO BIDIMENCIONAL VCR/LRC.....	55
- REDUNDANCIA CICLICA CRC.....	56
- METODOS DE CORRECCION DE REPETICION AUTOMATICA (ARQ).....	56
- PARE Y ESPERE.....	57
- CONTINUO.....	57
- VARIANTE RETROCEDA N.....	57
- REPETICION SELECTIVA.....	58
- METODO DE AUTOCORRECCION FEC.....	58
- "CONVOLUCIONAL" O CORRECCION DE ERRORE HACIA ADELANTE POR REPLIEGUE.....	59
- CORRECCION HACIA ADELANTE POR BLOQUES.....	59
- DEMORA.....	60
- PROCEDIMIENTO DE RECUPERACION EN CASO DE ERRORES DE TRANSMISION.....	60
- PROTOCOLO ARQ.....	61
- ARQ CONTINUO.....	63
IV TIPOS DE REDES.....	64
- QUE ES UNA RED?.....	64
4.1 REDES DE LARGO ALCANCE.....	64
4.2 REDES DE AREA LOCAL.....	68
4.2.1 DEFINICION DE LAN's.....	69
4.2.2 ESTANDARES DE ARQUITECTURA DE REDES:.....	71
- INTERCONEXION DE SISTEMAS ABIERTOS.....	71
4.3 CLASES DE LAN's.....	73
4.3.1 CARACTERISTICAS DE LAS LAN's.....	74
- TAMANO.....	74
- COSTO.....	75
- VELOCIDAD.....	75
- SIMPLICIDAD.....	76
- TASA DE ERRORES.....	76
- PROTOCOLOS DE REDES LOCALES.....	76

- USOS DE LAS LAN's.....	78
4.4 TOPOLOGIAS DE LAS LAN's.....	79
4.4.1 TOPOLOGIA DE CANAL (bus).....	79
4.4.2 TOPOLOGIA DE ANILLO.....	80
4.4.3 REDES DE ESTRELLA Y ARBOL.....	81
4.4.4 TOPOLOGIA DE MALLA.....	82
- METODOS DE ACCESO PARA REDES EN LINEA COMUN (bus).....	82
4.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	84
- CONCLUSIONES.....	87
4.6 RED ETHERNET.....	87
4.6.1 EL PROTOTIPO ETHERNET.....	88
- TRANSECTOR.....	89
- INTERFAZ.....	91
- CONTROLADOR.....	92
- EXTENCION DE UNA ETHERNET.....	92
- LA ESPECIFICACION ETHERNET.....	93
GLOSARIO.....	95
BIBLIOGRAFIA.....	98

## INTRODUCCION

La creciente integración de computadoras y comunicaciones dentro de un sistema único, ha llevado a una industria nueva y de rápido crecimiento: la industria de comunicación de datos basada en computadoras. Aunque su antigüedad es de apenas una década, los logros tecnológicos dentro de la industria han sido significativos. En universidades, complejos industriales, instituciones financieras -dondequiera que muchos usuarios necesiten los servicios de una computadora- existe una posibilidad cada vez mayor de que los servicios de comunicación de datos enlacen el computador central con usuarios remotos. Esta tendencia a crecer rápidamente es en realidad totalmente universal. En todo el mundo se han experimentado considerables adelantos técnicos, así como un marcado incremento de la disponibilidad de servicios de comunicación. América Latina se encuentra realizando un esfuerzo considerable en este sentido.

Los adelantos de la tecnología permiten que las comunicaciones tengan lugar a través de grandes distancias cada vez con mayor facilidad. Las computadoras hablan a las computadoras; la gente habla a las computadoras y las computadoras hablan a la gente, el teléfono se ha transformado en una necesidad y la terminal remota de computador se está convirtiendo en una herramienta administrativa corriente. Este rápido cambio ha forzado a muchos de los medios corrientes en comunicación hasta sus límites tecnológicos revolucionarios están surgiendo en todas partes.

Hoy es cada vez mayor la interrelación y la interdependencia de oficinas y lugares de trabajo geográficamente dispersos. Nuevos conceptos administrativos exigen una disponibilidad de datos que cumplan con las siguientes premisas:

- La persona adecuada, debe recibir,
- la información adecuada en
- el momento adecuado.

Esto obliga a inversiones cada vez mayores en equipo y sistemas que procesen los datos con la menor demora, no importa cuál sea la distancia entre la fuente de datos, y el lugar de destino de la información.

Utilizando las redes de transferencia de datos es posible intercambiar no sólo cartas y notas (lo que se conoce como correo electrónico) sino grandes cantidades de información,

que lo mismo pueden ser resultados de un experimento o bien programas para computadoras centrales especializados o a su vez para computadoras en las cuales pueden ejecutarse programas que en sus propias instalaciones requerirían un número prohibitivo de horas de procesamiento. Los datos para la ejecución del programa y los resultados pueden transmitirse de manera electrónica ahorrándole de esa manera mucho tiempo a los investigadores. Es posible incluso distribuir un problema para que sea ejecutado simultáneamente por varias computadoras, por ejemplo durante la noche. Es posible también intercambiar información con grupos de investigadores afines, a través de "tableros electrónicos", los cuales representan foros de investigación muy interesantes.

La capacidad de acceder fuentes de información de manera completa (ya sea que se trate de investigadores individuales, grupos de investigación, bases de datos o supercomputadoras) determinan la competitividad de un grupo o de una nación.

El auge de las microcomputadoras, y con ellas el de las redes locales (LANs) ha sido tan fuerte en los dos últimos años, que es difícil estar totalmente al día respecto a las mejores alternativas para cada situación.

## **I. ANTECEDENTES DE REDES**

### **1.1 PROTOCOLOS DE ENLACE.**

Cuando se diseñan las redes de computadoras, una de las consideraciones es la de transmisión física de datos de una computadora a otra. Para cumplir esta tarea exitosamente, se deben resolver problemas de correcta secuencia de datos y sincronización del transmisor y receptor. La solución consiste en un protocolo de enlace de comunicación de datos que asegure la correcta secuencia e integridad de los datos transmitidos entre computadoras, y entre computadoras y terminales en una red.

Usando caracteres de control definidos, el protocolo de enlace proporciona una forma ordenada y precisa de asegurar que, entre otras cosas, el dispositivo remoto envíe datos cuando se le instruya, reciba datos cuando se le instruya y notifique a la terminal o computador emisor cuando reciba datos erróneos.

Dado que el mismo enlace físico transporta tanto datos (texto) como caracteres de control, el protocolo debe estar capacitado para distinguir, entre los datos y los caracteres de control.

Actualmente existen varios protocolos disponibles. Para entender en qué se diferencian y qué son capaces de realizar es necesario observar su desarrollo histórico.

#### **1.1.1 ORIGEN DE LOS PROTOCOLOS DE COMUNICACION.**

El arte de la comunicación es tan antiguo como la humanidad. En la antigüedad se usaban tambores y humo para transmitir información entre localidades. A medida que paso el tiempo se crearon otras técnicas, tales como los semáforos. La era de la comunicación electrónica se inició en 1834 con el invento del telégrafo, y su código asociado, que debemos a Samuel Morse. El código Morse utilizaba un número variable de elementos (puntos y rayas) con el objeto de definir cada carácter.

El invento del telégrafo adelantó la posibilidad de comunicación humana, no obstante tener muchas limitaciones. Uno de los principales defectos fue la incapacidad de automatizar la transmisión. Debido a la incapacidad técnica de sincronizar unidades de envío y recepción automáticas y a la incapacidad propia del código Morse de apoyar la automatización, el uso de la telegrafía estuvo limitado a claves manuales hasta los primeros años del siglo XX. En el año de 1874 Emil Baudot en Francia ideó un código en el cual el número de elementos (bits) en una señal era el mismo para cada carácter y la duración (sincronización) de cada elemento era constante. Este código fue llamado de longitud constante.

Los trabajos sobre el problema de la sincronización comenzaron en 1869 con el desarrollo de la máquina de escribir de teclado teleimpresora en Europa. Este equipo operaba sincrónicamente: es decir, cada carácter tenía sus propios comandos de arranque parada (start/stop), al comienzo y al final de cada grupo de código.

En 1876 se observa que cambios en las ondas de sonido al ser transmitidas, causan que granos de carbón cambien la resistencia, cambiando por consiguiente el flujo de la corriente.

En 1877 se instala la primera línea telefónica entre Boston y Somerville, Mass.

En 1910, un americano llamado Howard Krum introdujo mejoras en este incipiente concepto de sincronización y lo aplicó al código de longitud constante de Baudot. Este desarrollo, llamado sincronización start/stop, condujo a la rápida función del uso de equipos automáticos de telegrafía.

En 1928 las teleimpresoras habían sido completamente mecanizadas incorporaban un lector y un perforador de cinta de papel accionado por teclado; transmitían ya fuera directamente por medio del teclado o por medio de la cinta y el producto final era cinta perforada o bien, copia impresa.

Esta clase de equipo teleimpresor mecánico originalmente empleaba el código de 5 niveles de Baudot y operaba a velocidades de 45 a 75 bits por segundo. Más tarde se introdujeron versiones del código ASCII de 8 niveles que operaban a 110 bps. Pero, incluso hasta 1970 se instalaron en todo el mundo mayor cantidad de dispositivos que empleaban cualquier otro código.

El primer equipo teleimpresor operaba sin ningún protocolo identificable: se alimentaba el mensaje de cinta o se entraba sin ningún protocolo identificable: se alineaba el mensaje de cinta o se metía el mensaje por medio de teclado (suponiendo que la máquina receptora en el otro extremo de la línea estuviera lista). Tan pronto como la máquina local comenzaba a transmitir, la máquina receptora copiaba la transmisión. (Tal

sistema se llama "no controlado" o de "rueda libre"). A medida que las comunicaciones se volvieron más sofisticadas, en el comienzo de los años 50 se introdujeron dispositivos electromecánicos centrales para realizar tareas como invitación (notificando en secuencia a cada estación del mismo circuito para transmitir su tráfico) y selección (notificando a una determinada estación que debe recibir un mensaje). Para adaptarse al control adicional requerido para estas funciones, se equipó a las teleimpresoras con dispositivos que decodificaban secuencias de caracteres. Esto permitió a la teleimpresora enviar, recibir, reacondicionar o realizar alguna otra función básica. Dado que la mayoría de estas teleimpresoras operaban con el código de Baudot, que no permite realizar funciones de control (excepto "alimentación de línea" y retorno del carro"), se usaban series de diferentes caracteres alfabéticos llamadas "secuencias de control" para comandos de control específico.

Este fue el origen de los protocolos de comunicación de datos.

## **DEFINICION DE UN PROTOCOLO DE COMUNICACION**

Es una norma de comunicaciones; un protocolo es un conjunto de características del software, hardware y procesamientos que permiten a un sistema (como terminal o computadora) intercambiar mensajes con otro mediante una red de comunicaciones.

Los protocolos se diseñan en cuatro etapas, siendo obligatorias las dos primeras para comunicar dos dispositivos.

1a. Etapa. (llamada de interfaz eléctrica) define el conjunto real de alambres de conexión, concentradores y señales eléctricas que conectarán los dispositivos de envío y recepción a la red de comunicaciones. La norma RS-232C (ver capítulo 3) es típica de esta etapa.

2a. Etapa (llamada de control del enlace de datos) define la transferencia física de un bloque de datos, de un dispositivo a otro, e incluye la búsqueda de errores necesarios para asegurar la exactitud de la transmisión en la etapa más comúnmente relacionada con comunicaciones. Los protocolos típicos de baja velocidad reciben el nombre de protocolos ASCII.

3a. Etapa (llamada etapa de la red) establece la conexión entre dos sistemas que no están conectados directamente entre sí, un ejemplo de esta etapa puede ser, por ejemplo la conexión normal de un sistema telefónico. La ruta establecida entre un dispositivo y otro se denomina circuito virtual.

4a. Etapa (llamada etapa de sesión) establece el conjunto de reglas para la interacción entre dos computadoras, o entre un usuario y una computadora, una vez realizada la conexión ("Log on") empieza la etapa de sesión y la desconexión ("Log off") la da por terminada. Las reglas de esta etapa dependen del vendedor y del usuario.

## 1.2. TIPOS DE MODULACION DE SEÑAL.

### BAUDIO (Baud).

El baudio es una unidad de velocidad de señalización igual a una dividida por el tiempo de duración del pulso o unidad más corta existente en cualquier carácter:

$$1 \text{ baudio} = \frac{1}{t_p}$$

$t_p$  = tiempo de duración del pulso.

### LA VELOCIDAD EN BAUDIOS (Baud Rate)

Un baudio es el número de elementos de señalización por segundo

Por lo tanto:

- 1 baudio = 1 bit por segundo (bps), si cada elemento de señal transporta 1 bit.

Por ejemplo:

Si hay 4 elementos de señalización diferentes, cada elemento puede transportar 2 bits y 1 bps = 2 baudios.

Si hay 8 elementos, 1 bps = 3 baudios.

Si hay 16 elementos, 1 bps = 4 baudios.

En general, si hay  $m$  elementos, 1 bps = ( $m$ ) baudios.

### CAPACIDAD DE UN CANAL DE COMUNICACIONES.

Número de bits/seg, que un canal puede transportar.

Capacidad máxima

(LEY DE SHANNON)

$$\text{Capacidad} = BW \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

BW = band width (ancho de banda)

S/N = signal/noise (relación señal/ruido)

Aumentando el ancho de banda, mejora la capacidad

### 1.3 CLASIFICACION DE CIRCUITOS.

En los EE.UU., se aplica la siguiente clasificación de los circuitos en los servicios de transmisión públicos:

- Banda angosta, con velocidades hasta 150 bps, disponible para operaciones de teletipo a baja velocidad.
- Grado de voz, con velocidades hasta 9600 bps. Altamente usado para comunicaciones de datos. Permite punto a punto o multipunto a menor velocidad. Pueden obtenerse 19.2 kbps usando bplexores, que combinan dos líneas de 9.6 kbps.
- Canales de banda ancha, derivados de la combinación de grupos de banda de voz. Admiten velocidades de 19.2 kbps, 40.8 kbps, 50 kbps y 230.4 kbps (muy caro)
- Servicios digitales -(DDS: Dataphone Digital Services)- fueron introducidos por Bell en 1974 y están disponibles en muchas ciudades. Tienen una baja tasa de error garantizada y permiten:

- \* 2.4 kbps
- \* 4.8 kbps
- \* 9.6 kbps
- \* 56 kbps

Por tratarse de transmisiones digitales no se requieren modems. Se usa un DSU (Data Service Unit: Unidad de Servicio de Datos) para efectos de la conexión.

### TRANSMISION SINCRONA Y ASINCRONA.

El formato asíncrono de inicio/detención es el de uso más común en la comunicación con las terminales remotas, en parti-

cular a través de la red telefónica pública. Sin embargo, con los dispositivos de mayor velocidad este formato de transmisión desperdicia el ancho de la banda debido a la necesidad de transmitir los bits de inicio y detención de cada carácter. Es posible lograr una mejor utilización del enlace de transmisión a través del empleo de la transmisión síncrona. En este caso, un reloj que funciona continuamente se utiliza para temporizar la transmisión de los bits consecutivos. En el extremo receptor, un reloj con la misma frecuencia y una relación fija de fase en el reloj transmisor debe utilizarse para muestrear la señal recibida. Técnicas especiales de modulación, pueden utilizarse para transmitir la información de frecuencia y fase del extremo emisor al receptor.

El la transmisión asíncrona los bits de inicio y detención permiten al receptor localizar el inicio y final de cada carácter. Debe proporcionarse un mecanismo alternativo cuando se utiliza transmisión síncrona. Por lo general, esto se logra con la transmisión de los datos en bloques separados que consisten en varios cientos o miles de bits cada uno. El inicio y final de cada bloque están marcados, y los datos de un bloque están organizados de acuerdo a un conjunto conocido de reglas. Estas reglas constituyen una parte importante del protocolo de enlace de datos, utilizado por transmisor y receptor.

## **CIRCUITOS Y MODOS DE OPERACION.**

En el pasado los términos "Half Duplex" (HDX) y "Full Duplex" (FDX) se relacionaban básicamente con la cantidad de alambres (HDX: 2; FDX: 4) y el tipo de interconexión de los mensajes u operación, donde HDX se refería a dos vías alternadas (TWA: TWO WAYS ALTERNATED) y FDX a dos vías simultáneas (TWS: TWO WAYS SIMULTANEOUS). Los términos TWA y TWS han sido adaptados para describir la operación de las líneas.

- \* Líneas HDX/Operación TWA. La transmisión tiene lugar en ambos sentidos pero no simultáneamente. Esta forma tiene el inconveniente de una gran demora por inversión de línea (TURN-AROUND) que puede llegar a 150 ms o más por consiguiente no siempre es aplicable a sistemas en línea en tiempo real.
- \* Líneas HDX/Operación TWS. La transmisión se realiza en ambos sentidos simultáneamente, sobre dos alambres, a través de una división del ancho de banda en canales de distinta frecuencia. Esto implica un equipo de conexión más costoso, sin embargo por las ventajas que tiene, su uso va en aumento.
- \* Líneas FDX/Operación TWA. Cada par de alambres se destina a

La transmisión en un sentido. Por lo tanto, se permiten ambos pero no simultáneamente. De esta forma se reduce casi a cero el tiempo de inversión de línea. Este sistema por ser relativamente barato gracias a su simplicidad y bastante te, es muy usado.

- **Líneas FDX/Operación TWS.** Esta es la forma más eficiente de utilización de las líneas. La operación simultánea en ambos sentidos lo hace muy adecuado en aplicaciones interactivas.

Ver figura 1.1

## 1.4 HALF DUPLEX Y FULL DUPLEX.

En general, un enlace de comunicación puede ser de tres tipos:

1. Simplex que permite la transmisión sólo en una dirección.
2. Semidúplex (HDX:Half duplex) que permite la transmisión en cualquier dirección, pero no al mismo tiempo.
3. Dúplex (FDX:Full duplex) permite la transmisión simultánea en ambas direcciones

La configuración simplex es útil sólo si la localización remota contiene un dispositivo de entrada o uno de salida, pero no ambos. Por lo tanto, se utiliza rara vez. La elección entre half duplex y full duplex es más que nada un compromiso entre la economía y la velocidad de la transmisión.

Con un esquema de transmisión como el del anillo de corriente, un par de alambres permite la transmisión sólo en una dirección, esto es, en operación simplex. Para obtener un enlace semidúplex, es necesario utilizar interruptores en ambos extremos para conectar el transmisor o el receptor, pero no ambos, a la línea. Cuando se termina la transmisión en una dirección, los interruptores se invierten para permitir la transmisión en la dirección contraria. El control de la posición de los interruptores es parte de la función de los dispositivos de cada extremo de la línea.

La operación full duplex puede lograrse con un enlace de cuatro alambres, que tenga dos alambres dedicados a cada dirección de transmisión. Otra opción es utilizar un enlace de dos alambres con dos bandas de frecuencia que no se encimen, para crear dos canales independientes de transmisión, uno para cada dirección. Un ejemplo de enlace full duplex se proporciona en la figura 1.2, en donde los dos canales tienen frecuencias de señalización de 1275/1075 y 2225/2025 Hz.

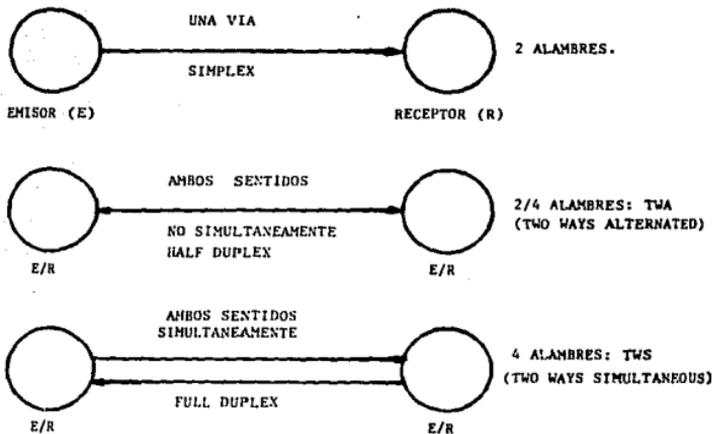


Figura 1.1 Representación esquemática de los conceptos HDX, FDX, SPX, TWA y TWS.

En el caso de la operación half duplex síncrona, se presentará un retraso siempre que se invierta la dirección de transmisión, debido a que el modem transmisor tal vez tenga que transmitir una secuencia que inicie las señales, para permitir al extremo receptor adaptarse a las condiciones del canal. La cantidad de retraso que se presenta depende del modem y de las instalaciones de transmisión, y puede ir desde unos cuantos milisegundos hasta varios cientos de milisegundos.

El análisis anterior se relaciona directamente con las características del enlace de transmisión y de los modems. Otros factores importantes que influyen en la elección entre la operación half duplex y full duplex son la naturaleza del tráfico de datos y los medios por los cuales reacciona el sistema cuando hay errores durante la transmisión. El primero se analiza a continuación; lo segundo se manejará en la sección de control de errores.

Un gran número de aplicaciones de las computadoras requieren que estas reciban los datos de entrada, efectúen algún procesamiento y después devuelvan los datos de salida. Básicamente, ésta es la operación half duplex. un enlace half duplex, no solo satisficará las necesidades de tal aplicación, sino que también permitirá que la transmisión de los datos tenga lugar a la máxima velocidad posible.

Sin embargo, si los mensajes que se intercambian entre los dos extremos son breves y frecuentes, el retraso que se presenta al invertir la dirección de la transmisión resulta importante. Tan sólo por esta razón, muchas de tales aplicaciones utilizan instalaciones de transmisión full duplex, aún cuando en realidad la transmisión de los datos nunca tiene lugar en ambas direcciones al mismo tiempo.

Sin embargo, existen situaciones en que la transmisión simultánea en ambas direcciones puede utilizarse con gran ventaja. De nuevo, examínese el diagrama de la figura 1.2, en que la terminal remota es una terminal de CRT: (Cathode Ray Tube: tubo de rayos catódicos) simple. Cada carácter que se introduce en el teclado debe tener un eco que se exhiba en la pantalla. Esto podría hacerse en forma local, por ejemplo, por medio de la circuitería de control de la terminal, o en forma remota por la computadora o por sus periféricos. Este último caso cuenta con una capacidad automática de verificación para asegurar que no se hayan introducido errores durante la transmisión. Si se utiliza un enlace half duplex en tal caso, la transmisión del siguiente carácter deberá retrasarse hasta que no se haya devuelto el eco del primer carácter. Tal restricción no es necesaria con la operación half duplex. Otro ejemplo puede encontrarse en las redes de comunicación de las computadoras de alta velocidad. Los mensajes que viajan en direcciones opuestas en cualquier enlace dado casi nunca tienen relación entre sí; por lo tanto, pueden transmi-

Frecuencia, Hz			
Estado lógico 0 (espacio) 1 (marca)			
Canal	1	1075	1275
Canal	2	2025	2225

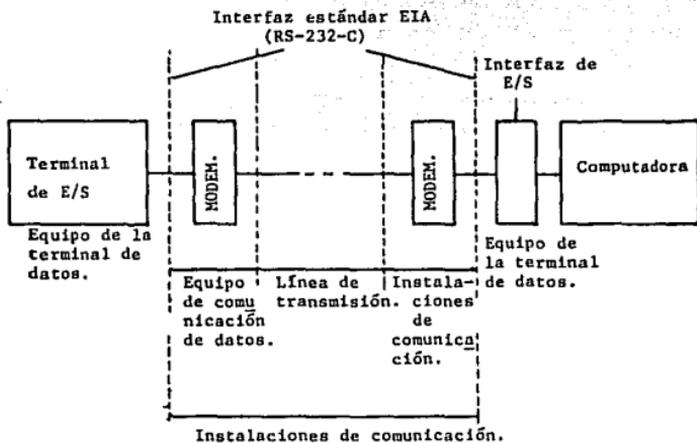


Figura 1.2 Conexión remota de una terminal de E/S a través de una línea telefónica dedicada, usando codificación por desplazamiento de frecuencia.

tirse simultáneamente.

## **1.5. FORMAS DE CONEXION DE TERMINALES.**

Tradicionalmente se hace referencia a cuatro formas de conectar un sistema central con una o varias terminales o sistemas secundarios. En la figura 1.3 se presentan cuatro posibles configuraciones adecuadas para este fin:

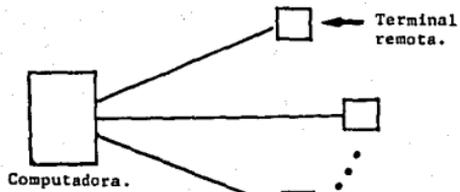
- Configuración de estrella
- Línea multipunto
- Configuración de anillo
- Configuración de árbol.

### **CONFIGURACION DE ESTRELLA**

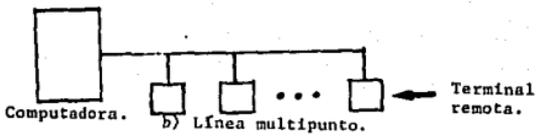
Esta es la configuración más simple. Se utiliza un enlace separado de transmisión entre cada terminal de la computadora, según se muestra en la figura 1.3a. Los enlaces de tal red pueden ser líneas dedicadas de transmisión o parte de la red telefónica. Cada enlace tiene una configuración semejante a la de la figura 1.2 y puede conectarse a la computadora a través de una interfaz de E/S separada. Cuando el número de terminales remotas es grande, resulta ventajoso conectar las líneas a la computadora principal por medio de un multiplexor. El multiplexor recolecta los caracteres de datos provenientes de las líneas individuales y los presenta a la computadora, junto con la dirección que identifica a la terminal origen. Durante la salida tiene lugar el proceso inverso. Esto es, la computadora envía un carácter a la terminal adecuada. Por lo general multiplexión es una de las funciones que efectúa un controlador de comunicaciones, si existe.

### **LINEA MULTIPUNTO**

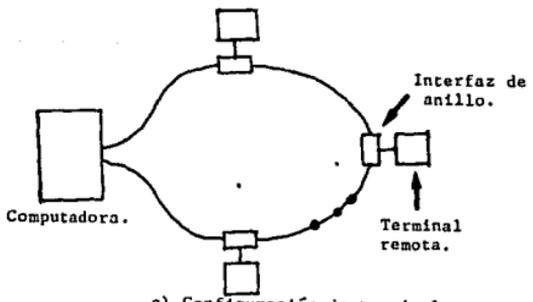
La segunda configuración (figura 1.3b) es la línea multipunto o multiderivada. En este caso, se utiliza una línea única de transmisión para conectar varias terminales, lo cual puede producir un ahorro importante en los costos del cableado. Sin embargo, crea algunos problemas nuevos relacionados con la forma en que se establece la ruta de comunicación entre la computadora y una de las terminales. En el análisis siguiente



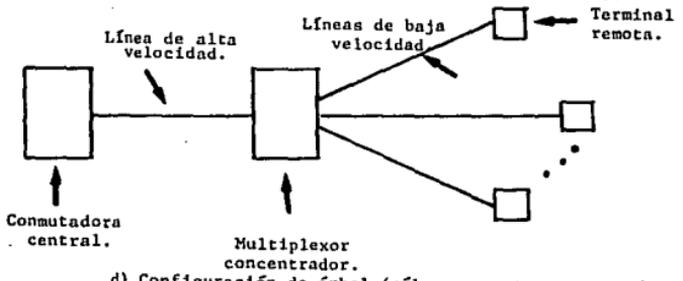
a) Configuración de estrella.



b) Línea multipunto.



c) Configuración de terminales remotas.



d) Configuración de árbol (sólo se muestra una rama).

Figura 1.3 Conexión de terminales remotas.

se considera que es posible la operación FDX (FULL DUPLEX) lo que por lo general sucede, con las líneas multipunto. esto significa que en cualquier momento dado, la computadora puede estar transmitiendo a una o más terminales, y recibiendo de una de ellas. Se ha establecido un esquema de control (protocolo) para ocuparse de:

- a. El direccionamiento de las terminales individuales
- b. El manejo cronológico del empleo de las líneas de transmisión

### **a. Direccionamiento de las terminales individuales.**

Cuando la computadora transmite un mensaje, debe ser capaz de seleccionar sólo una de las terminales para que lo reciba. Esto se logra transmitiendo antes del mensaje la dirección de la terminal. De esta forma se necesita un protocolo para permitir que todos los dispositivos conectados a la red identifiquen sin ambigüedad la dirección y los contenidos de datos de un mensaje. A continuación se describen dos de tales protocolos:

**Control de enlace de datos ASCII** Este protocolo se utiliza en enlaces de transmisión síncrona tanto en conexiones de punto a punto, como en las de multipunto. Se basa en la transmisión de los bits de dirección, de control y de datos como caracteres de siete u ocho bits. El conjunto de caracteres estándar ASCII de siete bits. Por lo general, el código de ocho bits consiste en el código estándar de siete bits, más un bit de paridad. Se reservan unos cuantos caracteres para establecer la sincronización de caracteres e identificar las diferentes secciones de un mensaje transmitido.

Tómese en cuenta primero el problema de la sincronización de los caracteres. Ya que en un enlace de comunicación la transmisión se realiza en modo de bits en serie, el receptor necesita identificar el inicio y fin de cada carácter. Para este fin se emplea el carácter SYN. El código binario de este carácter es 0010110, que tiene la propiedad de que, bajo desplazamiento circular, el código se repite sólo después de un ciclo completo de siete bits. Esto significa que si se transmite una secuencia de caracteres SYN, el receptor puede identificar sin ambigüedad sus límites, estableciendo así la sincronización de los caracteres subsecuentes.

Una vez establecidos los límites de los caracteres, resta que el receptor separe los caracteres de dirección, de control y de datos de un mensaje. El mensaje puede dividirse en dos partes: encabezado de mensaje, que consiste en la información de dirección y de control, y el texto del mensaje, que son los verdaderos datos que se transmiten. Se utilizan caracteres especiales para identificar cada parte. El formato exacto del mensaje, y los caracteres particulares utilizados como

"delimitadores" varían de una aplicación a otra. En la figura 1.4 se proporciona un ejemplo de un mensaje ASCII completo. En este caso, se utilizan los caracteres SOH (Start Of Header: inicio de encabezado), STX (Start Of Text: inicio de texto) y ETX (End of Text: fin del texto) para identificar el inicio y el fin del encabezado y del texto.

Este esquema ASCII simple puede utilizarse para direccionar las terminales de una línea multipunto. Sin embargo, tiene algunas limitaciones, como:

1. El usuario está restringido a transmitir entidades de ocho bits.
2. El usuario tiene prohibido utilizar los códigos correspondientes a los caracteres de control reservado. En el caso de la transferencia de los caracteres de transmisión ésta no es una limitación importante, ya que los caracteres de control siempre se eligen de entre los 32 caracteres del código ASCII que no se imprimen. Si el usuario desea transmitir todos los códigos posibles por ejemplo en el caso de la transmisión de números binarios, en lugar de caracteres ASCII, es necesario hacer que el protocolo de control de la línea sea "transparente". Esto puede lograrse modificando el geramente el protocolo ASCII con base en el ejemplo del carácter DLE (Data Link Escape: escape de enlace de datos). Los caracteres de control pueden identificarse en forma única, si siempre van precedidos por DLE. En la parte del texto del mensaje, el extremo transmisor duplica cualquier ocurrencia del carácter DLE. En el extremo receptor, el primer carácter DLE se desecha siempre. Si el siguiente carácter es otro DLE, se considera como parte de texto. De otra forma, se trata como carácter de control.
3. El protocolo no garantiza la ocurrencia de transiciones de 0 a 1 en el texto del usuario. De esta forma tiene que utilizarse un esquema de transmisión que no dependa de estas transiciones para recuperar el reloj del extremo receptor.

Control de enlace de datos de alto nivel (HDLC: High level data link control). Este protocolo de control supera las dificultades que se presentan con el esquema ASCII. Lo ha recomendado la International Standards Organization (ISO) como estándar internacional para el control de las líneas de comunicación. Con ligeras variaciones, también se conoce como SDLC (Synchronous Data Link Control: control de enlace de datos síncrono), ADCCP (Advanced Data Communication Control Procedure: procedimiento avanzado de control de comunicación de datos) o LAP (Link Access Protocol: protocolo de acceso de enlace). Este esquema tiene dos características básicas:

1. Se desecha la noción de que un carácter de tamaño fijo es la unidad fundamental de la transmisión.
2. Se introduce una combinación única de ocho bits, conocida como "bandera" para que sirva como único delimitador en el sistema. La unicidad de esta bandera se garantiza en una forma que resulta transparente al usuario.

En la figura 1.5 se proporciona el formato de un mensaje que utiliza este protocolo. La bandera tiene el código 01111110. La misma bandera se utiliza para para indicar el inicio y el final de un mensaje. Puede transmitirse cualquier número de banderas entre los mensajes para fines de sincronización. Siempre que aparecen cinco unos consecutivos en el mensaje del usuario, el extremo transmisor inserta en forma automática un cero. De manera semejante, el extremo receptor automáticamente desecha un cero que siga a cinco unos. Por lo tanto, seis unos consecutivos son el código único que se encuentra tan sólo en la bandera. La recuperación del reloj de transmisión del extremo receptor también se facilita por el esquema de codificación empleado. Un 0 se codifica como cambio de estado en la línea, esto es, como transición de alto a bajo, o bajo a alto, y un 1 se transmite con mantener el mismo estado que en el periodo de bit precedente. Por lo tanto, ya que la longitud máxima de una cadena de unos es de seis bits, puede utilizarse un circuito especial, como un ciclo asegurado por fase, para reconstruir el reloj de la transmisión con la señal recibida. El esquema es transparente (o invisible), ya que el usuario no necesita darse cuenta de la inserción o eliminación de los ceros. Esta función la efectúan en forma automática el extremo transmisor y el hardware receptor.

Los campos de dirección y control tienen una longitud fija de ocho bits cada uno. Van seguidos por el texto del mensaje que puede consistir en cualquier número de bits. Los últimos 16 bits del mensaje consisten en una suma de verificación de CRC (ver capítulo 3) para la detección de errores.

## **b. Manejo cronológico del uso de las líneas de transmisión.**

Exáminese qué sucede cuando alguna de las terminales de la figura 1.3b están listas para transmitir datos a la computadora. Resulta obvio que no puede permitirse sino que una sola terminal transmita en cualquier momento dado. La coordinación de este proceso debe estar bajo el control de la computadora. Tres esquemas de uso común para este fin son: el "escrutinio rotativo", el "escrutinio por cercanía" y la "contención".

**Escrutinio rotativo.** Este es el más simple de los procedimientos de control de una línea multipunto. La computadora empieza por transmitir un breve mensaje de escrutinio a una

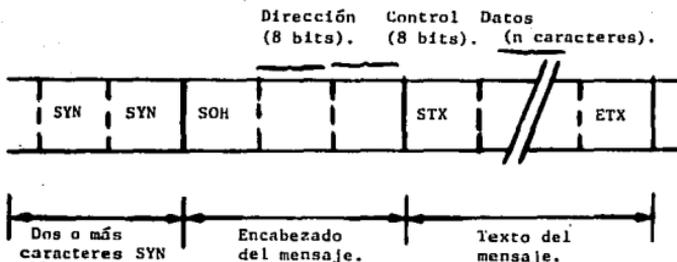


Figura 1.4 Mensaje en ASCII común.

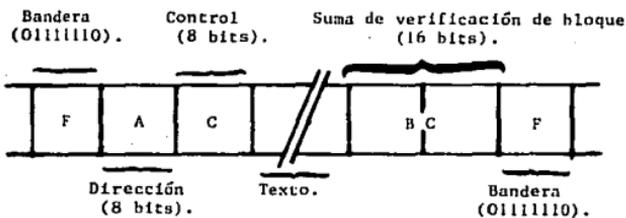


Figura. 1.5 Protocolo de enlace de datos de alto nivel.

de las terminales. Si ésta se encuentra lista para transmitir responde transmitiendo sus datos. De otra forma, transmite un mensaje de "no lista". Después, la computadora escruta la siguiente terminal, y así sucesivamente. En este esquema, la computadora transmite y todas las terminales reciben en el canal de límite interno. De esta forma, los mensajes de límite externo que no sean mensajes de escrutinio pueden encimarse con la transmisión de la terminal a la computadora.

**Escrutinio por cercanía.** Esta es una modificación del esquema del escrutinio rotativo que tiene la finalidad de reducir el "exceso" del tiempo del escrutinio. El procedimiento de escrutinio por cercanía se muestra en la figura 1.6. La computadora empieza por enviar un mensaje rotativo, en el canal de límite externo, a la terminal 2, que se encuentra en el canal de límite externo, a la terminal 1. Si está terminal esta lista para transmitir, responde, como antes, enviando su mensaje. Sin embargo, si no está lista, transmite el mensaje de escrutinio a la terminal 2, que se encuentra en el canal de límite interno. Desde luego, todas las terminales deben ser capaces de recibir mensajes provenientes de la computadora en el canal de límite externo. Cuando cualquier terminal termina de transmitir un mensaje, debe enviar el mensaje de escrutinio a la siguiente, en el canal de límite interno.

El esquema de escrutinio por cercanía da como resultado una importante reducción en el "exceso" de tiempo del escrutinio. La computadora sólo inicia el proceso de escrutinio cuando envía un mensaje de escrutinio en el canal de límite externo. Mientras el escrutinio continúa en el canal de límite interno, la computadora está libre para usar el canal de límite externo para enviar mensajes de salida. Además, si se toma en cuenta el retraso de propagación, puede mostrarse que el retraso involucrado en el escrutinio de datos de las terminales de la línea disminuye en forma importante, en comparación con el esquema del escrutinio rotativo.

**Contención.** Cuando las transferencias que hay entre las terminales son pocas, la probabilidad de que más de una terminal esté lista para transmitir al mismo tiempo es bastante baja. A esto algunas veces se le saca partido permitiendo que las terminales inicien la transmisión en cuanto tengan un mensaje listo, precediendo sus mensajes con una dirección de identificación. Siempre que la computadora recibe datos revueltos debido a que más de una terminal empezaron a transmitir al mismo tiempo, emite un mensaje de "detención" que provoca que todas las terminales detengan la transmisión. Después, empieza a escrutar las terminales en orden. Es obvio que este método resulta poco eficiente en los momentos en que hay alta actividad en las terminales. Por lo tanto, por lo general se proporcionan mensajes de "habilitar transmisión" e "inhabilitar transmisión" para permitir a la computadora cambiar entre el modo de operación de escrutinio y el de contención. Este esquema se conoce como ALOHA, debido a que se utilizó por

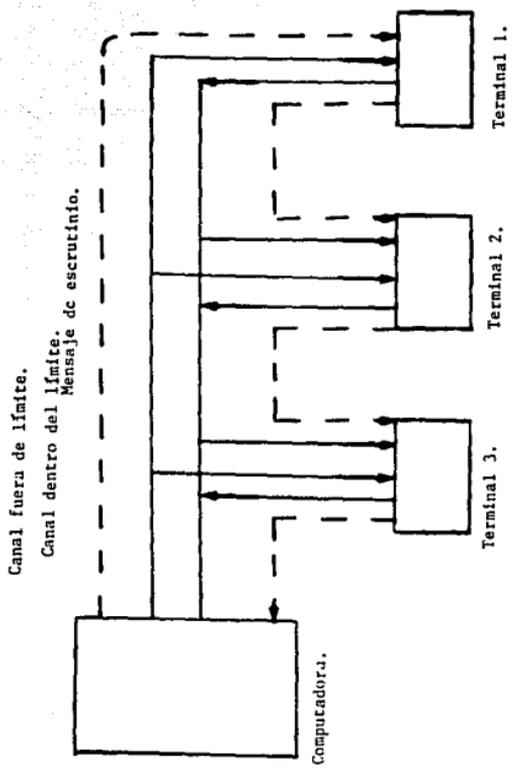


Figura 1.6 Escrutinio por cercanía.

primera vez en La red ALOHA de La Universidad de Hawaii.

## **ORGANIZACION DE ANILLO**

La principal diferencia que hay entre La configuración de anillo de La figura 1.3c y La línea multipunto es que el anillo consiste en enlaces de punto a punto separados que interconectan las interfases del anillo. La transmisión alrededor del anillo siempre tienen lugar en una misma dirección, esto es ya sea en el sentido de las manecillas del reloj o en el contrario. De esta forma, todos los segmentos de La línea operan en modo simplex. Los datos recibidos en el lado de entrada de una interfaz de anillo, o se envían a La terminal correspondiente, o se transmiten, después de algún retraso, en el siguiente segmento del anillo. La interfaz del anillo también puede transmitir los datos recibidos de su terminal asociada. Resulta obvio que se requiere un protocolo de anillo para determinar cuándo una interfaz puede colocar estos datos en el anillo y el formato en que esta transmisión puede efectuarse.

## **CONFIGURACION DE ARBOL**

La configuración de La figura 1.3b, Las terminales no están conectadas directamente a La computadora central. En vez de esto, están conectadas a un nodo intermedio, a su vez, está conectado con La computadora a través de un enlace de alta velocidad. En este nodo se utiliza un controlador fijo, o una pequeña computadora, para recolectar los caracteres o los mensajes provenientes de cada terminal o transmitirlos a La computadora central, junto con algún medio para identificar sus fuentes. Según sea su modo de operación, el nodo controlador se conoce como multiplexor o concentrador.

**Multiplexores.** Examínese el caso en el que  $n$  terminales están conectadas al nodo intermedio. En realidad, un multiplexor utiliza La línea de alta velocidad para establecer el equivalente a  $n$  enlaces independientes con La computadora central. Cada uno de estos enlaces tiene una capacidad igual a La de una de Las líneas de baja velocidad que conectan al multiplexor con los terminales. El multiplexor le asigna un enlace a cada terminal, creando así un enlace directo entre La terminal y La computadora central.

**Concentradores.** son dispositivos que tienen varios canales de entrada y un número menor de canales de salida.

## **II ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACION.**

### **2.1 ADAPTADORES DE COMUNICACION.**

*El adaptador de comunicaciones es un elemento que conceptualmente existe en cada extremo de cada cable de comunicaciones.*

*Normalmente son piezas de Hardware independientes -tarjetas de circuitos impresos- aunque pueden venir integrados en el dispositivo. Su modularidad es una condición deseable porque proporciona mayor flexibilidad de configuración al equipo que los contiene.*

*En salida, su función principal es preparar los datos para su transmisión a través de la línea, en forma serial, insertando caracteres de control en el mensaje, permitiendo la sincronización, respondiendo a los comandos de control. En la mayoría de los casos maneja los métodos de detección y corrección de errores y el encuadre de los datos dentro de un bloque transmittible.*

*Para todas las funciones de control del tiempo, los adaptadores de comunicaciones tienen integrados uno o varios relojes de programación independiente. En general cuando la comunicación es local o con modems asincrónicos, provee la sincronización, si el modem es sincrónico, es éste quien se encarga de esa función. Originalmente los adaptadores venían en modelos especiales para cada disciplina de comunicaciones utilizada. Actualmente, los adaptadores son pequeñas computadoras, implementadas en una tarjeta de circuitos, que tienen gran inteligencia residente.*

*Anteriormente toda la inteligencia debía residir en un gran computador central porque los altos costos impedían que estuviera en alguna otra parte. Las terminales conectadas eran muy rudimentarias y dependían de la computadora principal para todas las instrucciones de procedimientos. Los desarrollos de circuitos especiales como LSI (Large Scale Integration: Integración a larga escala) permitieron la creación de componentes baratos y se pudo colocar la inteligencia en cualquier dispositivo.*

*El advenimiento del LSI ha permitido que en elementos pequeños de bajo costo y alta confiabilidad, se puedan resolver la mayor parte de las funciones, relevando de esta manera al procesador central de tareas que no son su cometido específico (procesar las aplicaciones).*

Existen muchos adaptadores que son igualmente útiles en caso de transmisión sincrónica o asincrónica. Algunos soportan múltiples protocolos y tienen la capacidad de poder emplear varias interfaces físicas diferentes, simultáneamente.

Los adaptadores residen en el sistema central, en los procesadores de comunicaciones y en las estaciones terminales.

En algunos casos para ahorrar puertos del canal (bus) interno del computador, se utilizan "scanners" o multicanalizadores integrados en el gabinete principal, a efectos de que varios adaptadores puedan "ingresar" al sistema a través de una sola conexión.

Un puerto es una interface del canal de comunicaciones; el número de puertos en la computadora o unidad de control de comunicaciones, determina el número de canales de comunicación físicos que pueden conectarse.

Ver figuras 2.1, 2.2 y 2.3.

## 2.2 COPROCESADORES DE DATOS

Cada vez que el ser humano se enfrenta a un problema piensa en una solución, y luego que la encuentra, intenta mejorar la calidad de la misma hasta un grado superlativo.

Así fue como se "solucionó" el "problema" de la transmisión de datos sobre un medio físico, en forma analógica. Luego se buscaron mejoras en la velocidad de transmisión "estirando" el ancho de banda lo más posible, mejorando los modems y adaptadores. Cuando, debido a casos tales como la ley de SHANNON se "agotó" la posibilidad de subir las velocidades y se pensó en un nuevo concepto: ¡acortar los datos!

Pero el uso de mensajes más cortos implicaría una pérdida de información en el receptor, que en muchos casos no sería admisible.

Entonces, la solución consistió en cortar la forma de representar los datos, sin sacrificar contenido. Así es como nacen los COMPRESORES/DESCOMPRESORES DE DATOS ("CODES").

Un CODES consiste en un dispositivo capaz de analizar una secuencia de caracteres, estudiar su distribución, frecuencia e interrelaciones y producir finalmente una secuencia de bits de menor longitud, que transporte la información original, con total garantía de reversibilidad fidedigna del proceso (Compresión). También es capaz de realizar el proceso inverso, obteniendo la secuencia de bits original, a partir de los datos comprimidos (Descompresión).

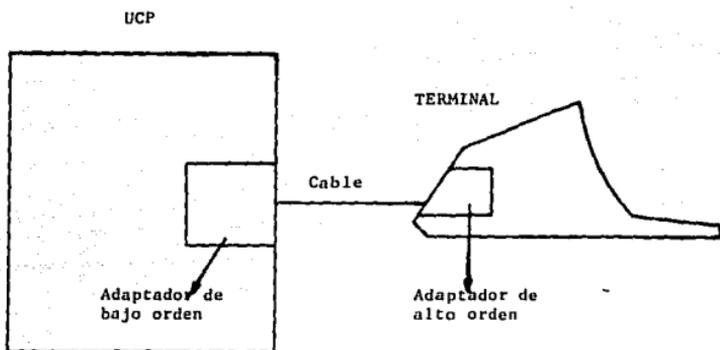


Figura 2.1 Adaptador de comunicaciones.

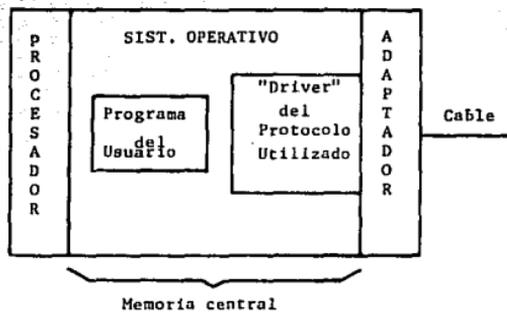


Figura 2.2 Esquema de un adaptador y su relación con el soft-ware central.



Figura 2.3 Adaptador de comunicaciones inteligentes.

De lo dicho se depende que los CODES trabajan en pares, por cada línea de comunicaciones.

La compresión o compactación de los datos se lleva a cabo mediante el uso de un algoritmo (existen varios) que, operando sobre un bloque a enviar, busca una representación de los mismos usando un número menor de bits. Es posible adquirir varios modelos diferentes, cada uno de los cuales utiliza un algoritmo diferente para compactar los datos.

La idea CODES (compactación) se ha utilizado también en el tratamiento y almacenamiento de los datos. Por ejemplo en editores de texto, compiladores y "spoolers". Un caso muy simple de compresión se lleva a cabo con los "espacios" finales de una línea de texto o programa, dado que su almacenamiento extendido representa un desperdicio innecesario. (Algunos autores llaman compactación a este proceso; de cualquier manera, obsérvese que en el ejemplo que sigue, no se usan "menos bits por carácter" sino "menos bits por secuencia de datos").

Por supuesto que esta misma compresión se utiliza también en algunos casos de transmisión: lotes de programas fuentes, por ejemplo.

Los CODES más modernos, utilizan grandes bloques de datos para "estudiarlos" y lograr una mayor compresión. muchos garantizan una compactación que supera la relación 2:1. Algunos, también utilizan la multicanalización STDM: (Statistical Time Division Multiplexing), para que el resultado final conjunto sea en promedio, de 4:1 por ejemplo.

Es evidente la utilidad de estas técnicas en cuanto a mejora de rendimiento y economía se refiere. Por ejemplo, transmitir a 38 400 bps en una línea de 9 600 bps (relación 4 a 1).

Un multiplexor o multicanalizador es un dispositivo del hardware de comunicaciones; los multicanalizadores unen a varios canales de comunicaciones de baja velocidad y los transforman en un solo canal de alta velocidad, realizando también la operación inversa en el otro extremo.

En las redes digitales la multicanalización se realiza mediante una técnica denominada DTM: (Multiplexor Division Time: multicanalización por división en el tiempo). La MDF: (Multiplexor division Frequency: multicanalización por división en frecuencias) se utiliza para la transmisión en redes analógicas.

## **RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DE ALGUNOS CODES**

- \* *Compresión de datos de 2:1 (o más).*
- \* *Independencia del protocolo utilizado. Admiten tanto modalidad asíncrona como síncrona; orientación al carácter o al bit.*
- \* *Muy fácil instalación.*
- \* *Transparente al usuario final.*
- \* *Completa detección y corrección de errores.*
- \* *Operación con modems o redes de servicios digitales.*
- \* *Implementación conjunta con multiplexores STDM.*

*Ver figuras 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7,*

### **2.3 MODEMS .**

*Los modems son dispositivos destinados principalmente a la conversión de señales digitales en analógicas y viceversa. Su nombre proviene de la contracción de modulación y demodulación.*

*Pueden ser externos, independientes, o residir dentro del gabinete del procesador central. Según el caso, se les llama modulares o integrados.*

*Se distinguen por sincrónicos o asíncrónicos, dependiendo del tipo de mensajes a transmitir. Pueden tener diagnósticos residentes y disponer de mecanismos de detección y corrección de errores. La rapidez de reacción de los circuitos del modem, es una variable que juega en los tiempos de respuesta de las terminales remotas.*

*Cuando es necesario, pueden proveer la sincronización de la señal. También pueden tener mecanismos de disco y autorespuesta.*

*Algunos nombres que están en uso para casos especiales son:*

- \* *Biscanalizador, para un modem que transmite por dos líneas.*
- \* *Modem multicanalizador, para la combinación de un modem y un multicanalizador.*

*Otro concepto en modems, surge cuando se habla de lazos en las líneas de comunicaciones, y en el caso de tener múltiples conexiones, se habla de modems maestros.*

*Todavía existen importantes restricciones en cuanto a la velocidad máxima que soportan. El rango de 3600 bps. solo ha sido alcanzada recientemente por un número reducido de mode-*

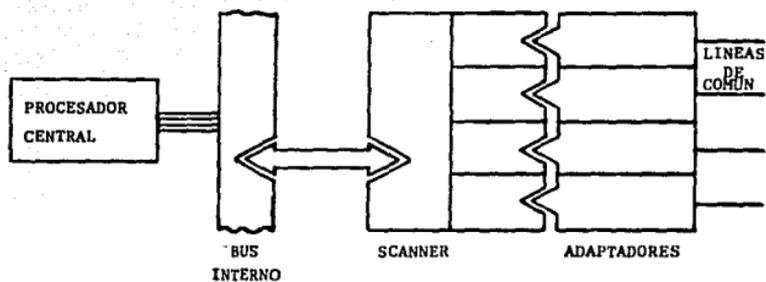


Figura 2.4 El uso de SCANNERS ahorra puertos de conexión en el canal o en el procesador.

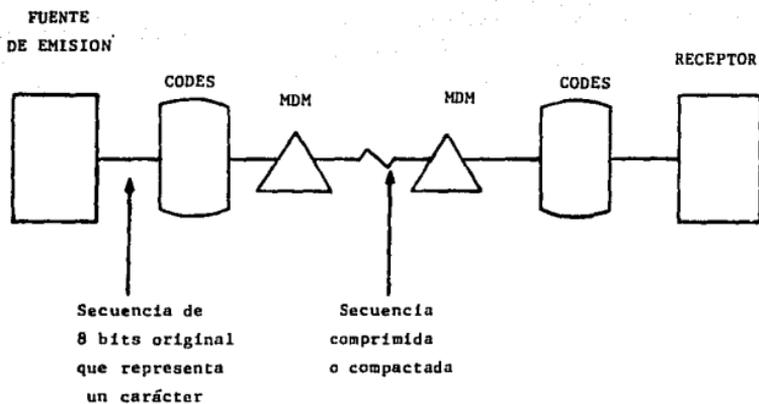
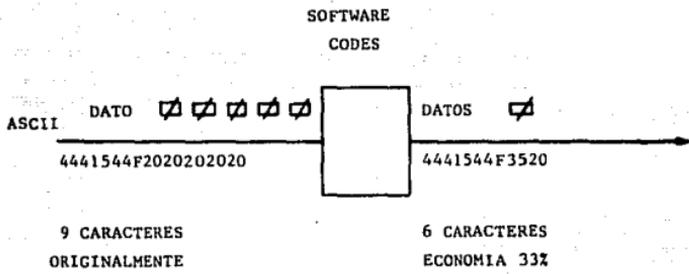


Figura 2.5 Utilización de CODES en una línea telefónica.



**Figura 2.6 Compactación de espacios finales.**

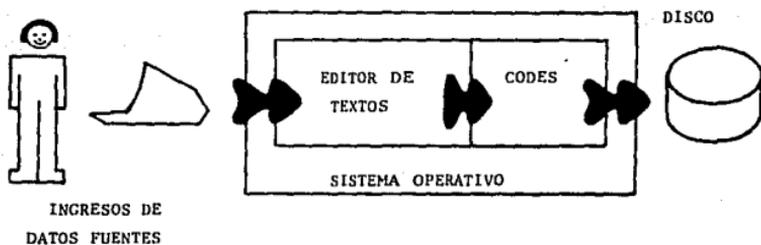


Figura 2.7 Utilización de CODES en edición de textos.

Los, pero es obvio que este tipo de limitaciones pierde vigencia en poco tiempo.

Ver figuras 2.8 2.9 y 2.10

## 2.4 PUENTES.

Los puentes son dispositivos de hardware cuyo cometido principal es contribuir a economizar líneas, modems, puertos del procesador y adaptadores de comunicaciones.

Para ampliar el concepto, debemos aclarar el concepto de ALTO Y BAJO ORDEN. Dada una conexión jerárquica entre procesadores y/o terminales. Decimos que una conexión de alto orden cuando se trata de un enlace hacia nuestros ascendientes, y decimos que es de bajo orden, cuando desde nuestra posición, miramos hacia nuestros descendientes.

Hecha esta definición, decimos que los puentes son dispositivos que sacan copias de la señal sólo en bajo orden.

Existen puentes digitales y analógicos, según el tipo de señal que puedan manejar y eso por supuesto, depende del lugar donde estos vayan a ser ubicados en el enlace.

Los puentes pueden conectarse en cascadas de varios niveles, ampliando de esta forma su capacidad de ramificación.

Razonando un momento sobre la forma de trabajar con puentes, resulta obvio que la forma conversacional no es apropiada para este tipo de enlaces. Partiendo de la falta de inteligencia de estos elementos, no existe forma de resolver las colisiones de mensajes que se producirían en los puentes.

De esto se deduce que en el sondeo "polling", se vuelve obligatorio con su utilización.

Las copias del mensaje original (en bajo orden) llegan a todas las terminales simultáneamente. Dado que el mensaje contiene la dirección del destinatario, sólo la terminal cuya dirección coincida con la del mensaje, responderá hacia central.

Ver figuras 2.11, 2.12, 2.13 y 2.14.

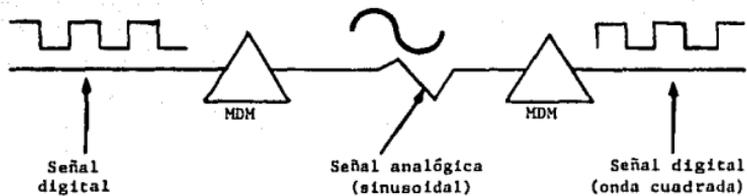


Figura 2.8 Función de los modems.

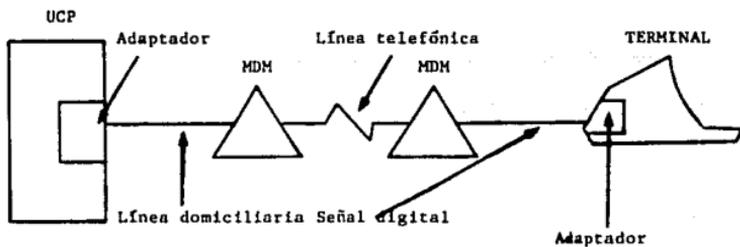


Figura 2.9 Modems externos.

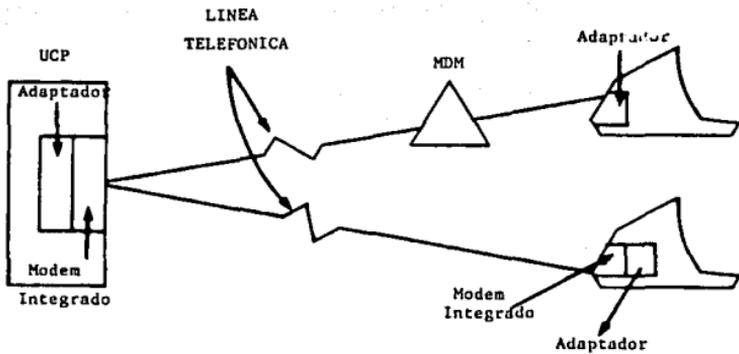


Figura 2.10 Combinación de modems externos e integrados.

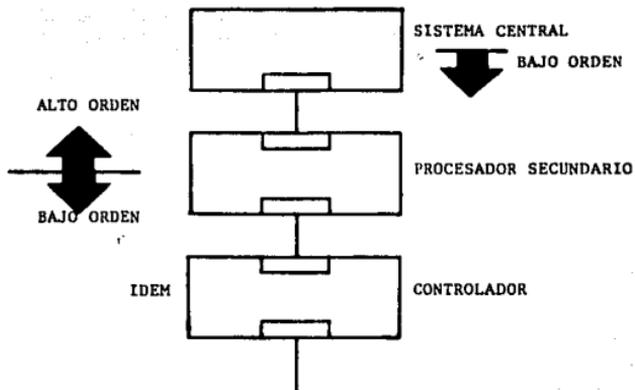


Figura 2.11 Alto y Bajo Orden.

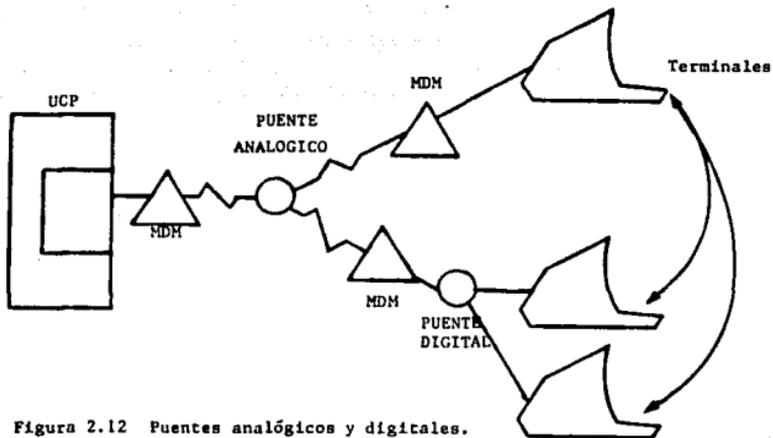


Figura 2.12 Puentes analógicos y digitales.

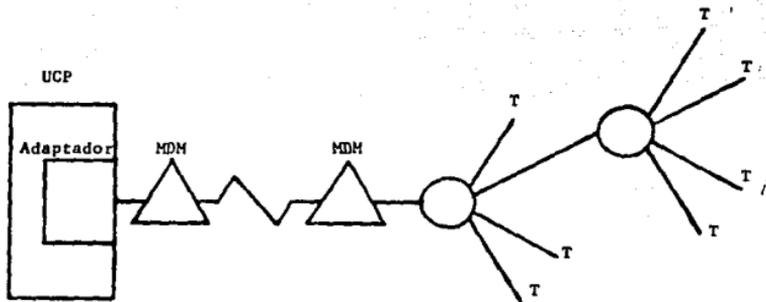


Figura 2.13 Cascada de puentes digitales para conectar remotamente 7 terminales.

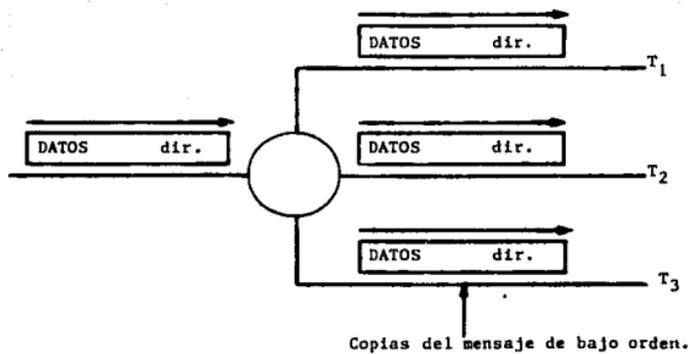


Figura 2.14 Reconocimiento del mensaje.

## **2.5 PROTECTORES DE LA RED (DAA: DATA ACCESS ARRANGEMENT)**

Para los usuarios de la red pública conmutada que transmite datos, se les puede sugerir que alquilen acopladores de conexión si desean conectar modems que no son los que provee la propia compañía. Esta interconexión se conoce en E.U. como DAA. Su objetivo es proteger la red, de posibles daños debido a sobrecarga o cortocircuitos y de ciertas funciones relacionadas con el tipo de acceso, las cuales determinan algún tipo de acoplador.

Ver figura 2.15.

## **MULTICANALIZADORES**

El término multicanalizar se aplica a dispositivos más o menos inteligentes, que básicamente consisten en un procesador con su memoria, un mecanismo de barrido y un conjunto de adaptadores de comunicaciones. La función principal es proveer un medio para compartir una línea de comunicaciones (o un tronco) entre diversas estaciones de trabajo y/o unidades de procesamiento. Esta acción de compartir una línea, normalmente conlleva a una reducción de los costos de operación, porque se economizan:

- \* puertos del procesador central
- \* modems
- \* adaptadores
- \* líneas telefónicas y/u otro tipo de línea
- \* tiempo de la Unidad Central de Proceso.

## **TECNICAS DE MULTICANALIZACION.**

En nuestro enfoque del tema distinguiremos dos clases de multicanalizadores:

1. de conexión troncal,
2. de conexión en líneas simples;

Ver figuras 2.16 y 2.17

y dos técnicas básicas de multicanalización/demulticanalización

- \* FDM (Frequency Division Multiplexin) por división de fre-

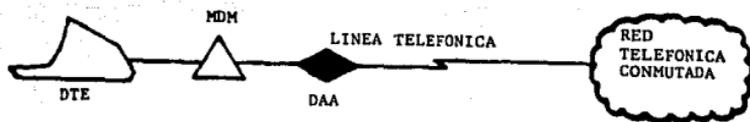


Figura 2.15 Protector de red.

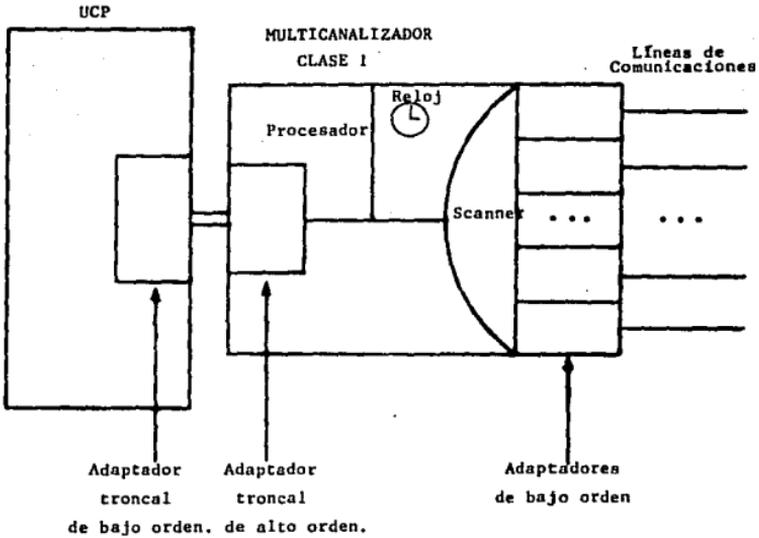


Figura 2.16 Multicanalizador "local".

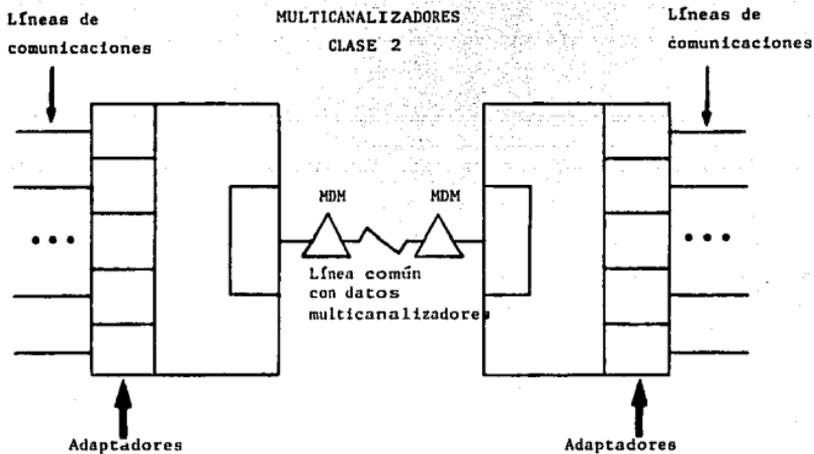


Figura 2.17 Multicanalizador "Remoto".

cuencia.

\* TDM (Time Division Multiplexing) por división del tiempo.

## FDM

En la técnica FDM, se divide el ancho de banda en rangos de frecuencias. A cada canal se asigna un rango  $r_i$ , de amplitud suficiente como para permitir la transmisión de lo que se desee enviar.

Dado que no todos los medios físicos de transmisión admiten un gran ancho de banda, en medios económicos se tienen grandes limitaciones en el número de canales.

Ver figura 2.18

En un instante dado  $t_1$  se tienen todos los canales transmitiendo simultáneamente. Esa simultaneidad significa economía en los tiempos finales del sistema. Esa es la principal ventaja de esta técnica.

## TDM (Igualitario y ponderado)

Dos subclasificaciones son necesarias en TDM, según se haga referencia al tiempo o a la longitud de los elementos transmitidos.

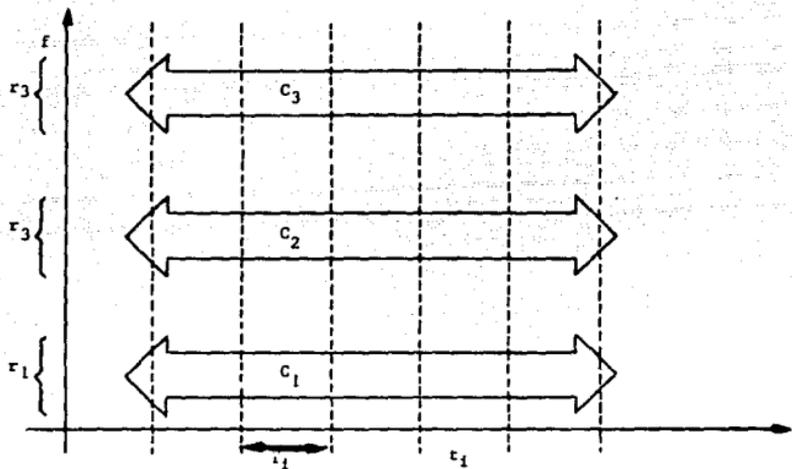
El tiempo se divide en periodos fijos, cada uno de los cuales se asigna a un canal. Si esta asignación es según a una lista circular tenemos el TDM IGUALITARIO.

	igualitario		bit
TDM	ponderado	TDM	byte
	estadístico		bloque

En un instante  $t_1$  cualquiera, uno solo de los canales se encuentra transmitiendo y éste utiliza todo el ancho de banda del medio utilizado.

Como desventaja tiene la falta de simultaneidad. Como beneficio importante, el permitir un infinito número de canales, sacrificando el tiempo total del sistema.

Ver figura 2.19



$T$  = tiempo de transmisión de un elemento (bit, byte, bloque).

Figura 2.18 División del ancho de banda en canales simultáneos (FDM).

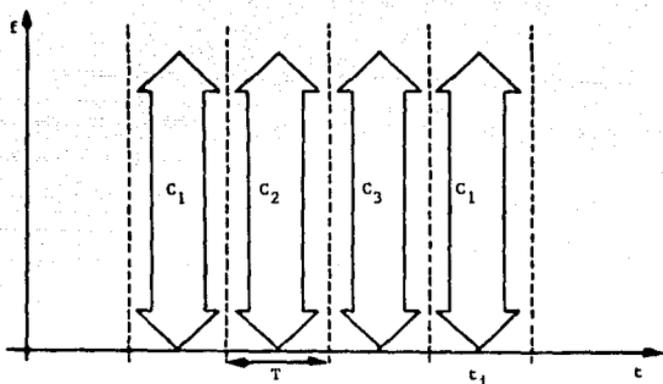


Figura 2.19 TDM. División del tiempo en periodos iguales.

Consideremos el caso donde dos multicanalizadores (A y B) de la clase 2, permite la conexión de tres canales cada uno. Supongamos que en el instante  $t_1$ , los tres tienen datos para transmitir: "E", "N", y "A".

Ver figura 2.20

El multicanalizador "A" dejará pasar los datos según una ronda de canales (ver figura 2.21).

El multicanalizador "B", distribuirá los datos recibidos usando una ronda igual, sincronizada con la primera.

Designemos con  $V_i$  la velocidad de entrada al canal  $C_i$  y con  $V$  la velocidad de la línea entre los multicanalizadores.

Para el caso de TDM PONDERADO, tendremos que la ronda de canales no es uniforme, sino que, algunos canales se repetirán más veces que otros.

De esta forma, se obtienen prioridades de transmisión diferentes para cada canal.

Ver figura 2.22

## TDM estadístico (STDM)

El STDM (STATICAL TIME DIVISION MULTIFLEXING), es una variante en donde se trata de aprovechar los tiempos ocasionados de las líneas de comunicaciones.

En un ambiente interactivo normal, es bastante claro que las líneas estarán más tiempo ociosas que ocupadas. Si en el esquema de FDM (Frequency Division Multiplexing) igualitario agregamos una pregunta a cada una antes de darle la oportunidad de transmitir, tendremos un esquema STDM.

Supongamos que el multicanalizador "A" procede de la siguiente forma:

Es obvio que el multicanalizador "B" no puede saber en este caso, a que canal de salida corresponde cada dato que llega, dado que la sincronización se ha roto.

Para solucionar esto, se agregan bits o bytes adicionales con la dirección de destino de cada elemento de dato.

Ver figura 2.23

Habíamos mencionado otra subclasificación del TDM según la longitud de los elementos transmitidos. Efectivamente, se

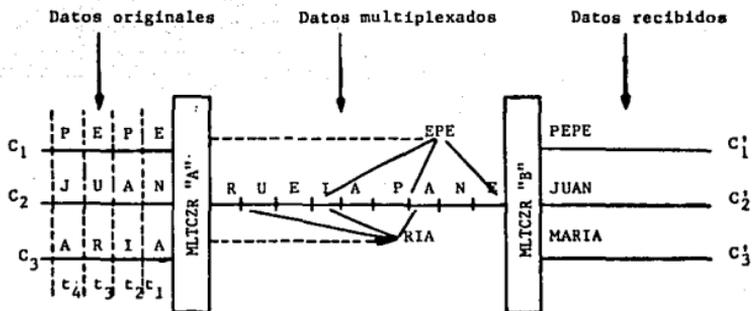
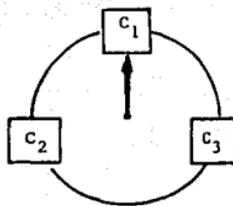


Figura 2.20 TDM igualitario.



**Figura 2.21** Asignación de línea según una lista circular o ronda.

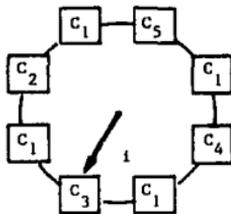


Figura 2.22 C<sub>1</sub> es consultado más veces que el resto, por lo tanto la estación conectada a él, se verá favorecida en sus tiempos de respuesta.

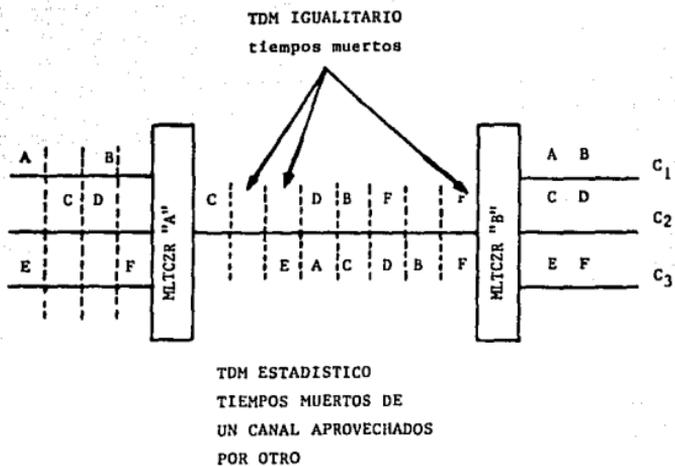


Figura 2.23 Comparación del TDM igualitario y el STDH.

pueden multicanalizar bits, bytes o bloques de longitud n bits, según sea el resultado que se pretende obtener. En general, la multicanalización en bloques está asociada a la transmisión sincrónica.

Ver figuras 2.24

## **COMPONENTES FISICOS DE UN MULTICANALIZADOR**

Una de las formas de multicanalización implica la utilización de un URL que es un adaptador por cada línea de salida (o por cada nodo), que contenga un buffer de un carácter (transmisión asincrónica) cada uno. El dispositivo barre los adaptadores permitiendo operaciones de Entrada/Salida, para cada adaptador que requiere servicios.

El multicanalizador transmite y causa una interrupción en el procesador cuando el mensaje completo ha sido transferido.

Ver figura 2.25

## **SOFTWARE INVOLUCRADO.**

Existe un concepto de software para administrar periféricos troncales, que se usan en algunos modelos. Consiste en la utilización de palabras de control que almacenan:

Ver figura 2.26

- \* carácter de estado de la función del adaptador,
- \* apuntadores a los buffers asociados (Next Address, NA y Terminating Address, TA). Entonces cuando un adaptador alcanza la condición "fin de buffer" se considera NA=TA.

Algunos casos, usan dos palabras de control. Así sucede cuando un adaptador tiene que servir a múltiples terminales usando sondeo (polling). Usa una palabra de control cuando está transmitiendo secuencias de sondeo y otra para determinar dónde almacenar el mensaje que se espera recibir.

En líneas generales una pieza de software "Subsistema de Atención del Tronco", es usada para proveer compatibilidad entre el "Sistema Multicanalizador" y el Subsistema del procesador".

Ver figuras 2.27

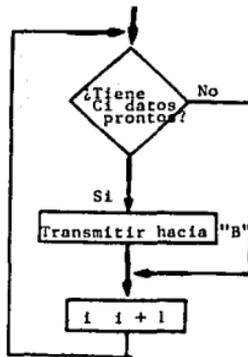


Figura 2.24 Lógica STDM con  $i$  variando entre 1 y el número máximo de canales.

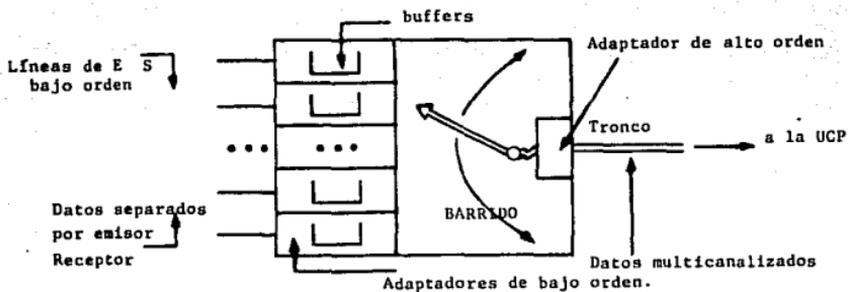


Figura 2.25 Esquema de un multicanalizador.

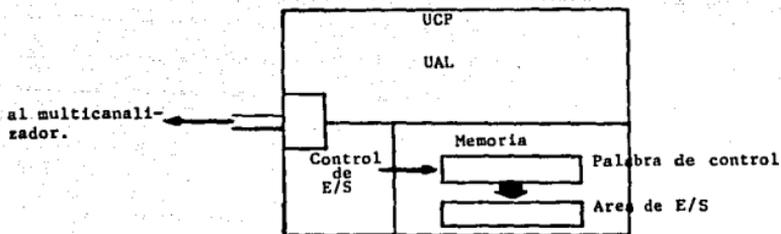


Figura 2.26 Software en la UCP para multicanalizadores locales.

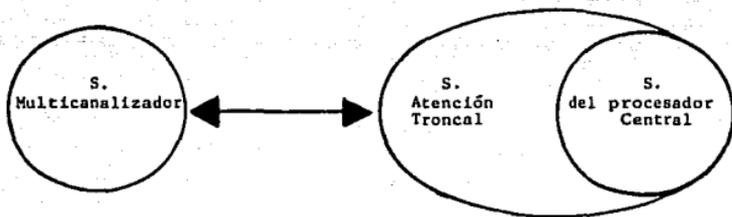


Figura 2.27 El subsistema de atención troncal como intermediario.

## **BARRIDO DE LOS ADAPTADORES**

El término explorador (scanner) se aplica a un dispositivo de hardware que realiza un barrido de los adaptadores para sacar o poner datos. El explorador opera continuamente cuando el multicanalizador está en estado operativo, y es independiente de todas las otras operaciones del multicanalizador y los adaptadores.

La estación emisora genera datos de entrada y los transmite a través de la línea (y modems si existen) hacia el multicanalizador. El adaptador almacena los datos de entrada, bit por bit, hasta que un carácter completo sea recibido. En ese momento, envía o prende una señal de requerimiento de servicio al multicanalizador. En cada adaptador se consulta por esa señal (scanning), la que indicaría que el adaptador está listo para enviar o recibir un carácter de dato.

El procedimiento de barrido continuo asegura que no se establecen prioridades entre los adaptadores.

En entrada, el multicanalizador notifica al CONTROL DE E/S que un carácter está pronto para ser enviado, éste suministra la PALABRA DE CONTROL asociada con ese adaptador y el dato es movido a un AREA DE E/S en la ubicación de memoria especificada por la PALABRA DE CONTROL.

El procedimiento de entrada termina cuando el AREA DE E/S se llena, o cuando un carácter de "fin de mensaje" es encontrado.

La UAL (utilización del adaptador por cada línea de salida) toma el control y el software valida el mensaje antes de presentar el AREA DE E/S al programa de aplicación del usuario.

El funcionamiento en salida es similar.

El programa de aplicación carga el "AREA DE E/S" y ejecuta una instrucción de salida. Como resultado, la UAL fija la "PALABRA DE CONTROL" para indicar el largo del mensaje y permite al "CONTROL DE E/S" conducir la transferencia del mensaje hacia el multicanalizador (y finalmente al propio adaptador).

La salida termina cuando el "AREA DE E/S" se vacía o cuando se detecta un carácter de fin de mensaje. Al finalizar la transmisión de salida, el control se transfiere a la UAL y el software valida el resultado de la transmisión antes de liberar el "AREA DE E/S" y la pertinente información de estado al programa del usuario.

En el momento de la instalación, cada adaptador es iniciado para uso, con caracteres de 5, 6, 7 u 8 bits (dependiendo del

modelo, esto se realiza por alambres, microswitches o software).

También se determina la paridad y el método de chequeo de error a utilizar. Actualmente existen adaptadores que admiten más de una opción de las mencionadas por vez.

Este aumento en la flexibilidad muchas veces se debe a que funciones que antes se destinaban al hardware, ahora son realizadas por software. Esta es otra consecuencia de la proliferación de microprocesadores de bajo costo y la utilización de circuito LSI: Large Scale Integration.

## **ADAPTADORES .**

El procesador bajo control del software, selecciona un adaptador y emite códigos de función para iniciar la operación del adaptador. Algunos modelos muestran dos tipos de código de función: de ejecución y de escape.

Un código de función "ejecutable" comienza la operación de E/S del adaptador.

Un código de función de "escape" controla funciones especializadas del adaptador, tal como inversión del canal para detectar una situación de excepción en el otro extremo.

Todas las operaciones de un adaptador terminan con el almacenamiento de un "carácter de estado". Algunos para indicar el resultado de una selección, otro para indicar los resultados de una operación de E/S. Muchas veces los caracteres de estado de selección y de error, detectados por el procesador, son dependientes del firmware y son comunes a todos los periféricos.

## **FUNCIONES EJECUTABLES**

1. **AUTORESPUESTA.** La función de autorespuesta condicionada al adaptador a reconocer señales de llamada desde el modem, cuando atiende una estación remota.

Tan pronto como la señal de llamada es recibida, el multicanalizador hace que un carácter especial de estado del adaptador sea almacenado para indicar esa situación.

El software debe responder emitiendo un código de función de E/S, el cual completa la conexión telefónica y prepara al

*adaptador para transferir datos: Una vez que la conexión es establecida, se mantiene hasta que se emita al adaptador una señal de restauración o limpieza.*

*Puede usarse un reloj de intervalos para controlar el tiempo transcurrido entre la recepción de la llamada y la transferencia real de los datos. Esto es útil para prevenir que un usuario bloquee innecesariamente un circuito.*

*Cuando toda la actividad de E/S se ha completado, el procesador puede emitir un código de restauración que hace que el adaptador "cuelgue".*

**2. AUTODISCADO.** *Establece una función para conectar la red a la red telefónica de manera automática mediante un disco de teléfono estándar para establecer un circuito en el sistema telefónico de la red. La función de autodiscado se logra asociando el adaptador con una unidad de autodiscado, lo cual puede venir integrada en la tarjeta de circuito de adaptador o ser independiente.*

*La unidad transmite un número telefónico almacenado en memoria. Si ocurre un error en el procedimiento de discado, un carácter de control de estado es guardado por el adaptador. Una vez que se establece la conexión por una operación satisfactoria de autodiscado, se permiten las funciones de E/S. Cuando éstas terminan, se provoca la cancelación de la llamada con una función de restauración o limpieza.*

## **CONCENTRADORES**

*Entendemos por concentrador, un dispositivo inteligente, basado en un microprocesador, cuyo cometido principal es concentrar líneas de comunicaciones. Esta concentración conduce a economizar líneas, modems, adaptadores y puentes de conexión central. Su uso puede ser local o remoto.*

*Desde el punto de vista del procesador central, el uso de concentradores reduce el trabajo de sondeo (polling ver capítulo 1) de éste, dado que, en lugar de enviar a transmitir a n terminales, sólo tiene que invitar a un concentrador: n-1 secuencia de sondeo son evitadas. El tiempo correspondiente puede ser empleado entonces en el procesamiento de aplicaciones.*

*El concentrador realiza el sondeo (polling) de sus terminales en forma totalmente independiente y asíncrona de las transmisiones del procesador central.*

*Entre las funciones comúnmente realizadas por un concentrador, se destacan:*

- \* sondeo (polling) de terminales
- \* conversión de protocolos
- \* conversión de códigos
- \* elaboración de formatos de mensajes
- \* recolección local de datos como respaldo
- \* conversión de velocidades
- \* compactación de datos
- \* control de errores
- \* reingreso automático de los datos capturados
- \* diagnósticos.

En general son inteligentes, de programación fija y de capacidad de almacenamiento limitado.

Ver figura 2.28

## 2.6 CONTROLADORES

También llamados procesadores nodales.

En nuestro estudio distinguiremos un controlador de un concentrador por los niveles de inteligencia y almacenamiento de ambos. Tienen inteligencia más desarrollada y programación realizable por el usuario. Desde el momento en que el usuario puede programar el dispositivo, el uso de almacenamiento adquiere otras dimensiones. Pueden usarse los medios de almacenamiento, no sólo para capturar datos, sino también para consulta y actualización.

Todas las funciones mencionadas para los concentradores, también se realizan en estos equipos. Adicionalmente, ante caídas de central, se tiene mayor independencia de procesamiento. Puede realizar almacenamiento y envío (store and forward) y conmutación de mensajes (message switching), dos formas de comunicación de amplia difusión actualmente. También manejan lo que se conoce como suavización del tráfico (traffic smoothing).

Cuando las velocidades de un extremo superan las del otro, los datos pueden ser demorados temporalmente, guardándolos en buffers. Pueden encargarse de la habilitación y deshabilitación de terminales; llevar bitácora de mensajes; contadores de errores para obtener estadísticas y encargarse de los reintentos de las transmisiones ante situaciones de excepción.

La función principal es controlar un grupo de terminales de aplicación específica, implementando algunos conceptos del procesamiento distribuido de datos.

ver figuras 2.29.

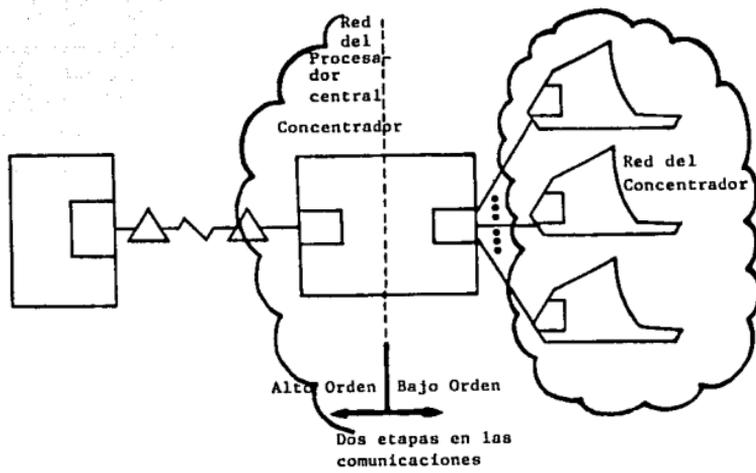


Figura 2.28 Dispositivo concentrador.

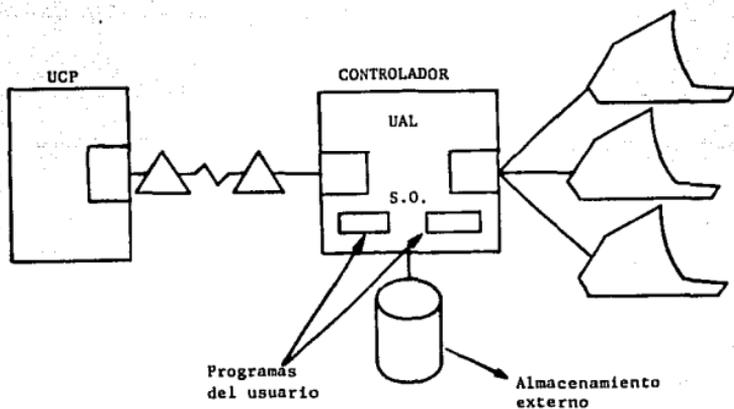


Figura 2.29 Controlador o procesador nodal.

## **2.7 PROCESADORES DE COMUNICACIONES (FEPs)**

El término FEP (Front End Processors) se aplica a procesadores de comunicaciones super especializados, es decir con una arquitectura y un sistema operativo especialmente diseñados para manejar todas las funciones relativas a la administración de una red de procesamiento de datos.

En particular, distinguiremos la utilización de un FEP local o remoto. Si el dispositivo se encuentra conectado al sistema central por medio de un tronco o canal de alta velocidad, le llamaremos FEP. Si se encuentra remoto del sistema central y conectado a éste por líneas comunes de comunicaciones, le llamaremos procesador nodal remoto o controlador. Su diseño particular lo hace muy eficiente en el "procesamiento de las comunicaciones". Es por ello, que normalmente realizan todas las funciones relacionadas con el tráfico y la administración de la red.

El beneficio directo de su utilización, es un mejor aprovechamiento de la memoria central.

En general, admiten varios computadores residentes "HOSTS" o sistemas centrales.

Su utilización está tan generalizada que muchos equipos centrales de gran tamaño no se comercializan si no es con uno o varios FEPs.

En algunas aplicaciones, toma el nombre de conmutadores (switches), y en este punto es útil dedicar un espacio al aspecto conmutación "switching".

Ver figura 2.30.

### **CONMUTACION ANTERIOR (Switch in Front)**

Cuando viajando desde una terminal hacia el sistema central encontramos "primero" el FEP, decimos que estamos en un caso de "conmutación anterior".

La transmisión generada por este usuario será ruteada hacia una de las varias UCPS (Unidades Centrales de Procesamiento) de la red, dependiendo de sus características intrínsecas. El FEP lleva a cabo una labor de conmutación del camino del mensaje hacia alguna de las UCPS asociadas. En salida, los mensajes que vienen de la UCP se direccionan normalmente.

Ver figura 2.31

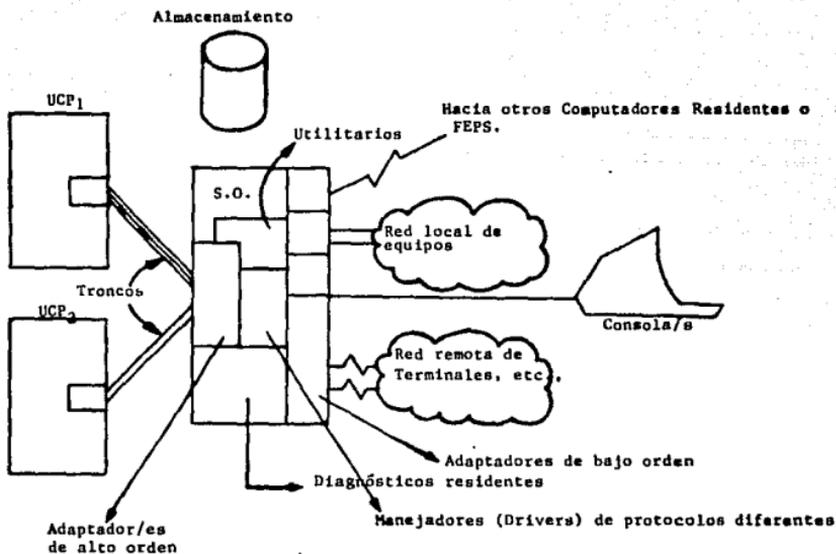


Figura 2.30 Procesador de comunicaciones "FEP" (Front-End Processor).

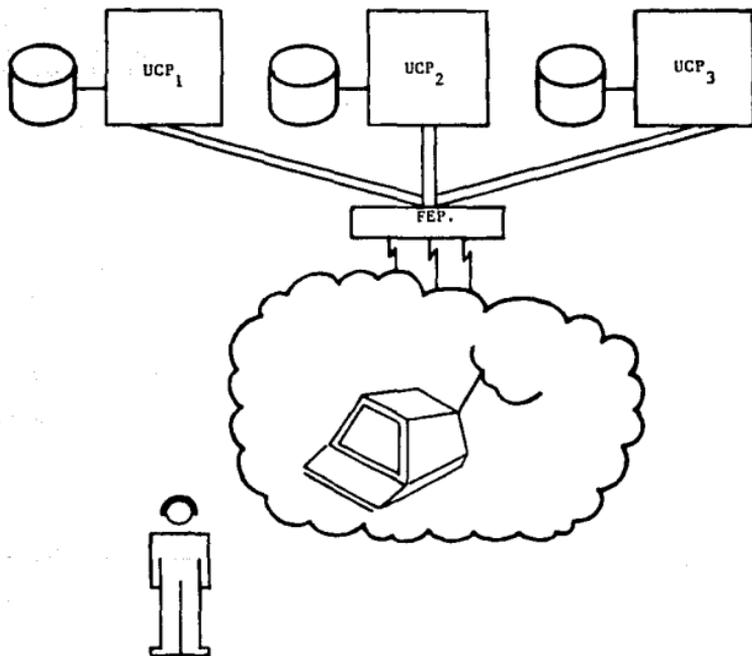


Figura 2.31 Conmutación anterior (Switch in Front).

## **COMUNICACION POSTERIOR (Switch in Back) (Se denomina también Switch Behind)**

En algunas aplicaciones, podemos tener terminales asociadas a una UCP que deseen comunicarse con otra/s.

Supongamos que en un sistema de procesamiento distribuido de datos distribuidos, queremos consultar el saldo de una cuenta corriente. Dado que la base de datos no está consolidada geográficamente, al entrar la transacción no tenemos ninguna garantía de encontrar el saldo en "Nuestra UCP".

Por lo tanto, habrá situaciones en que tengamos que dirigirnos al Switch "posterior", para que rutee el mensaje hacia otra UCP, y desharemos el camino, en salida.

Estos conceptos pueden trabajar conjuntamente en una red de procesamiento distribuido, es decir, se puede combinar la idea de conmutación anterior con posterior.

Ver figura 2.32

## **SUAVIZACION DEL TRAFICO (Traffic Smoothing)**

Es otra aplicación de FEPS y controladores. Sirve en aplicaciones en lotes, en donde los tiempos no son importantes o interactivos, en donde los periodos ociosos permiten una distribución acorde de las cargas.

Ver figura 2.33

## **CONMUTACION DE MENSAJES (Message Swithing)**

Otra de las aplicaciones de los FEPS y controladores de la comunicación de mensajes, la cual consiste en un "rebote" del bloque de datos en el dispositivo utilizado. Se aprovecha este contacto con una unidad inteligente para realizar algunos controles tales como validación de direcciones, autorización de acceso, y para actualizar la bitácora del sistema.

Ver figura 2.34

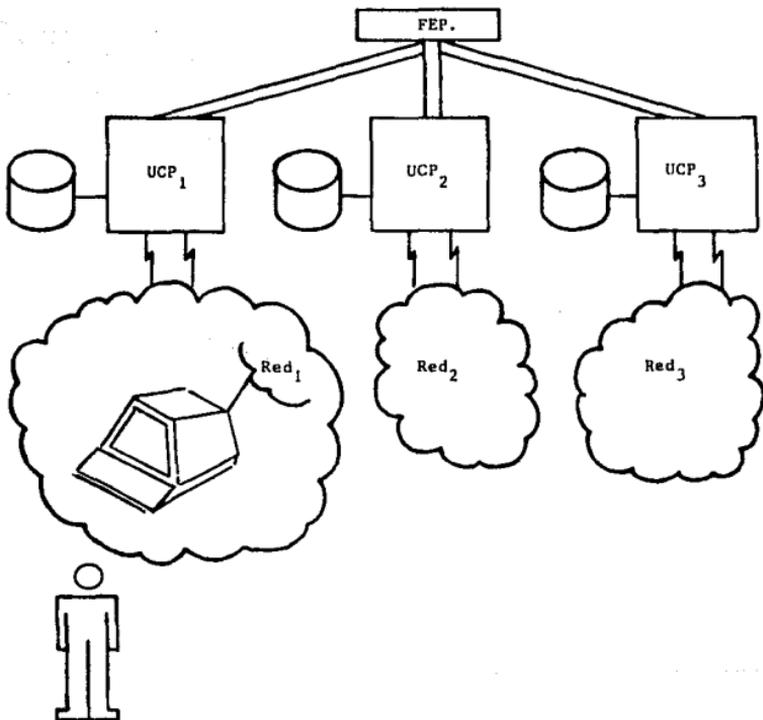
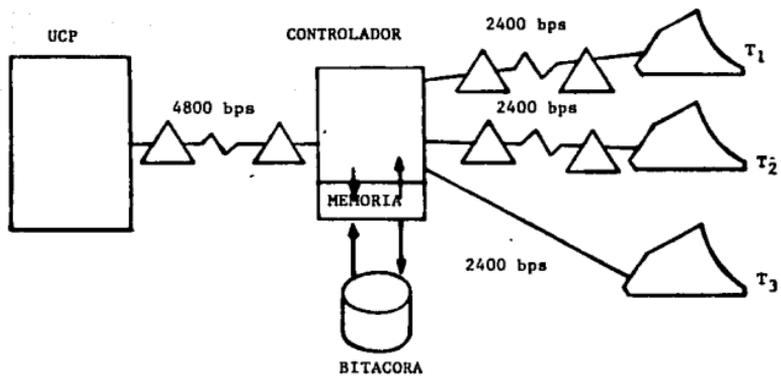


Figura 2.32 Comutación posterior (Switch in back).



**Figura 2.33** Aprovechamiento racional de la capacidad de una línea de comunicaciones, mediante la suavización del tráfico.

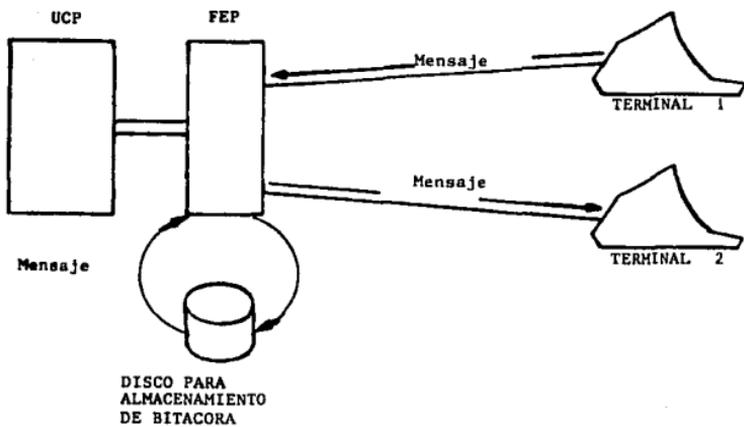


Figura 2.34 Conmutación de mensajes.

## **CONSIDERACIONES DE RESPALDO**

### **CONMUTADOR PARA PROCESADORES DE COMUNICACIONES (CATS) (Communication Adapter Trunk Switch)**

Una forma de respaldar un FEP en una red de comunicaciones es proveer un segundo FEP que pueda hacerse cargo de las funciones de comunicaciones en la eventualidad del mal funcionamiento del primero. Un conmutador "CATS SWITCH" proporciona un método de comunicación entre los FEPS.

Usando un CATS es posible dividir las líneas de comunicaciones entre los FEPS y aún tener la capacidad de conectar todas las líneas de un FEP si es necesario.

Ver figura 2.35

### **CONMUTADOR DE LA LLAVE DE PASO (EIA Bypass Switch)**

Los conmutadores de tipo llave de paso "Bypass" son llaves de conmutación de líneas de comunicaciones para proveer una vía alternativa en caso de un mal funcionamiento de un modem o un adaptador. Se pueden instalar entre el modem y el adaptador. El operador, en algunos casos, debe informar al software que una línea ha sido conmutada a otro adaptador, entrando el nuevo número de unidad a través de la consola del equipo.

Su uso es recomendable en redes de procesamiento.

Ver figura 2.36

### **CONMUTADORES DE RETROCESO (EIA Fallback Switch)**

Los conmutadores de retroceso o "fallback" son un medio de conmutar un modem dado a otro adaptador y deben ser ubicados entre el modem y el adaptador. Nuevamente el adaptador debe notificar al software de control, el cambio acontecido.

Ver figura 2.37

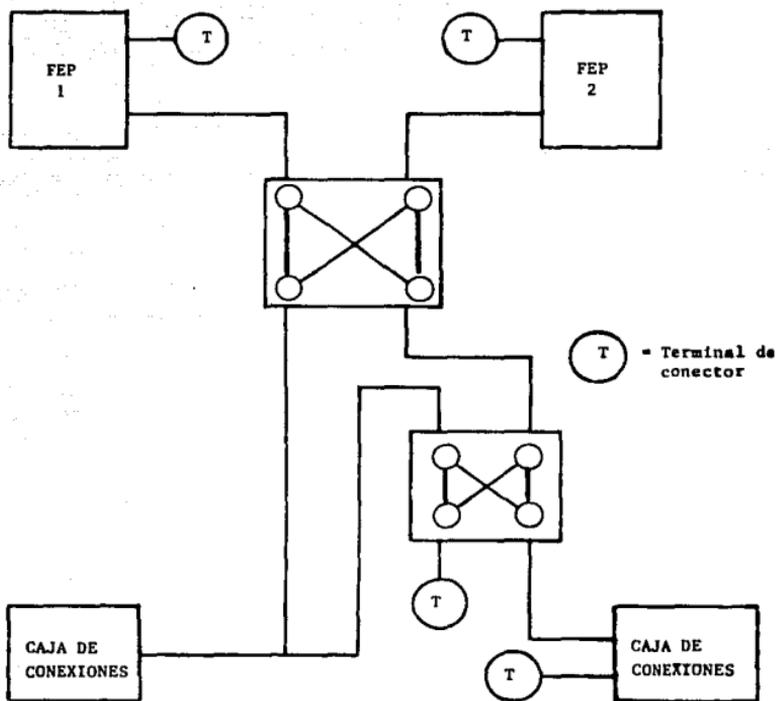


Figura 2.35 Ejemplo de conexión conmutador para Procesadores (CATS).

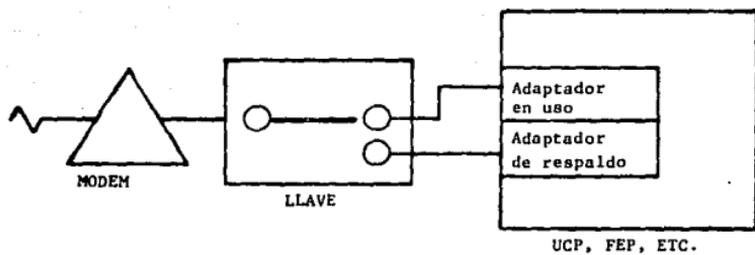


Figura 2.36 Conmutador de llave de paso o "Bypass".

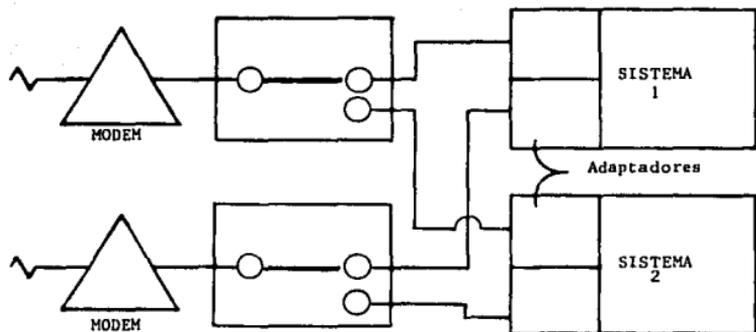


Figura 2.37 Conmutadores de retroceso o "Fallback".

### **III MEDIOS FISICOS DE TRANSMISION.**

*El medio de transmisión es la facilidad física usada para interconectar juntas estaciones del usuario y dispositivos, para crear una red que transporte mensajes entre las mismas.*

*La selección del medio físico a utilizar depende de:*

- \* Tipo de ambiente donde se va a instalar.*
- \* Tipo de equipo ha usar.*
- \* tipo de aplicación y requerimientos.*
- \* Capacidad económica (relación costo/beneficio esperada).*
- \* Oferta.*

*Dividiremos los medios físicos según sean terrestres o aéreos.*

#### **ENLACES FISICOS TERRESTRES**

*Par de cables torneados.  
Cable coaxial de banda angosta.*

*Cable coaxial de banda ancha.  
Fibra óptica.*

*Microondas.  
Infrarrojos.*

#### **ESPACIO AEREO**

*Laser.  
Radio frecuencia.*

### **3.1. FISICOS TERRESTRES.**

#### **3.1.1 PAR DE CABLES TORNEADOS**

*Es el medio más común; usado también en PBX (Private Branch Exchange), centrales de comunicación de voz digital y datos.*

*La figura 3.1 nos muestra un corte transversal y la recomendación de instalación.*

*A continuación describiremos las principales características del par de cables torneados.*

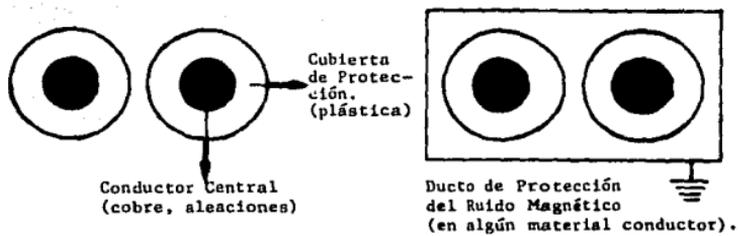


Figura 3.1 Corte de un par de alambres.

- \* Un par puede transportar de 12 a 24 canales de grado de voz.
- \* Son validos en cualquier topologia: anillo, estrella, canal, árbol.
- \* Puede transportar tanto señales digitales como analógicas.
- \* Una red típica puede tener conectados con este medio hasta 1000 dispositivos del usuario.
- \* Bajo costo.
- \* Alta tasa de error a grandes velocidades.
- \* Baja inmunidad al ruido e interferencia.
- \* Requiere protección especial; blindaje, ductos, por ejemplo.

### 3.1.2 CABLE COAXIAL DE BANDA ANGOSTA (BASEBAND).

- \* Existen 150 variedades de cables coaxiales.
- \* Transmiten una señal digital simple, en HDX (Half Duplex).
- \* No hay modulación de frecuencia.
- \* Diseñados primariamente para comunicaciones de datos. Pero pueden acomodar aplicaciones de voz (no tiempo real) tal como "voice store & forward" y "freeze frame video". Se transmite la voz en forma digital.
- \* Es un medio "pasivo" donde la energía es provista por las estaciones del usuario.
- \* Uso de enchufes especiales para conexión física.
- \* Se conectan al transmisor-receptor: transceptor (transceiver).
- \* Se usa una "unidad de interconexión a la red" (NIU: Network Interface Unit) independiente o integrada, para conectar la estación del usuario a la red.
- \* Con el uso de repetidores, se alargan distancias (regeneradores de señal).
- \* Generalmente usado con topología de canal (bus) lineal; árbol y rara mente anillo.
- \* Una red típica contiene 200-1000 dispositivos.
- \* Alcance de 1 a 10 kms.
- \* Ancho de banda, 10 Mbps.
- \* Bajo costo. Simple de instalar y bifurcar (técnica utilizada para transferir el control de una sentencia a otra).
- \* Poca inmunidad a los ruidos. Puede mejorarse con filtros.
- \* El ancho de banda puede transportar solamente un 40% de su carga para permanecer estable.
- \* Se requieren conductos en ambientes hostiles, para aislamiento.
- \* Confiabilidad Limitada.

Ver figura 3.2

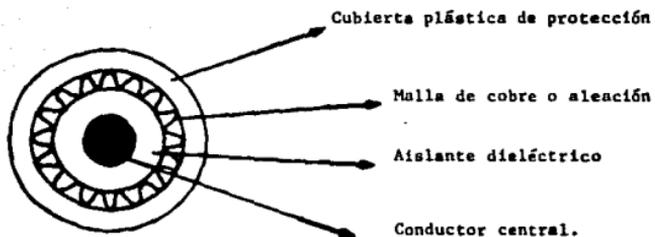


Figura 3.2 Corte de un cable coaxial "BASE BAND".

### 3.1.3 CABLE COAXIAL DE BANDA ANCHA

- \* Es el mismo usado en redes de televisión por cable.
- \* Se usa FDM (Frequency-Division Multiplex).
- \* Se combina voz, datos y video simultáneamente.
- \* Se permite voz y video en tiempo real.
- \* La señal en el cable es en modo analógico de radio frecuencia (RF) y por lo tanto los datos deben ser modulados antes de la transmisión, usando un modem RF.
- \* Todas las señales son HDX (Half Duplex), pero usando 2 canales se obtiene FDX (Full Duplex).
- \* El cable coaxial de banda ancha se considera un medio activo ya que la energía se obtiene de los componentes de soporte de la red y no de las estaciones del usuario conectadas.
- \* Instalación más dificultosa que el de banda base (baseband).
- \* Se usan amplificadores y no repetidores (regeneradores).
- \* Debido a las amplificaciones y al alto número de canales, se pueden conectar hasta 25 000 dispositivos con un alcance de 5 kms.
- \* Topologías canal, árbol.
- \* Ancho de banda máximo: 400 Mhz. Puede transportar el 100% de su carga.
- \* Mejor inmunidad a los ruidos que el banda base "baseband".
- \* Es un medio resistente que no necesita conducto.
- \* Su costo es alto. Se necesitan modems en cada estación del usuario, lo que aumenta aún más su costo y limita las velocidades.

Ver figura 3.3

### 3.1.4 FIBRAS OPTICAS

- \* Consiste en un núcleo central, muy fino, de vidrio o plástico, que tiene un alto índice de refracción.
- \* Este núcleo es rodeado por otro medio que tiene un índice algo más bajo, que lo aísla del ambiente.
- \* Cada fibra provee un cambio de transmisión único de extremo a extremo, unidireccional.
- \* Pulsos de luz se introducen en un extremo, usando un Laser o LED (Light Emitting Diode: diodo emisor de luz).
- \* La reflexión de los pulsos es la forma de transmisión de los datos.
- \* La transmisión es generalmente, punto a punto, sin modulación.

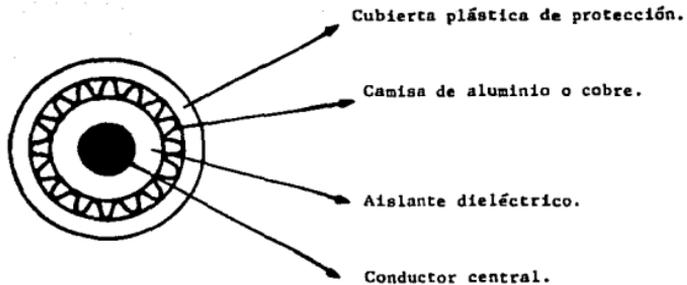


Figura 3.3 Corte de un coaxial de banda ancha.

- \* La fibra óptica no es afectada por interferencia eléctrica, ruidos, problemas energéticos, temperatura, radiación o agentes químicos.
- \* El ancho de banda es mucho más alto que con cualquier otro medio. Actualmente 50 Mbps a 10 Kms. Experimentalmente 1 Gbps.
- \* Se pueden transmitir datos, voz y video
- \* El cable es altamente confiable. Es muy difícil de bifurcar. Muy poca pérdida de señal.
- \* Físicamente, la fibra es muy fina, liviana, durable y por lo tanto instalable en muy poco espacio.
- \* Sin embargo, todavía es muy cara.
- \* Su capacidad multipunto es muy baja.
- \* Topologías: anillo, estrella.
- \* Cantidad máxima de nodos por enlace: 2 (Experimentalmente 8).
- \* Alcance: 10 Km.
- \* Requiere un mantenimiento sólo por personal entrenado.

## **PARAMETROS CARACTERISTICOS DE LAS FIBRAS OPTICAS.**

Así como hablaremos de ciertas características básicas para los cables, como medios de transmisión, en el caso de las fibras existen algunos parámetros que determinan las propiedades de las mismas.

Estos parámetros son:

- \* Atenuación.
- \* Ancho de banda.
- \* Apertura numérica.
- \* Perfil del índice de refracción.
- \* Dimensiones geométricas.

A continuación daremos una idea de su significado.

### **ATENUACION.**

Podemos pensar en la atenuación como una "fuerza" que se opone al desplazamiento de una onda, haciéndole perder energía. Los factores que producen atenuación en la fibra óptica se dividen en intrínsecos y extrínsecos.

Los intrínsecos son:

- \* Absorción del material.
- \* Esparcimiento del material.
- \* Flujo evanescente o/modos fugados.

\* *Esparcimiento de la guía de ondas (defectos geométricos y de perfil de índice de refracción)*

*Y los extrínsecos :*

\* *Deformación mecánica (curvaturas y microcurvaturas).*  
\* *Radiación nuclear.*

*Mucho se ha avanzado últimamente en la eliminación de impurezas para reducir la absorción de potencia.*

#### **ANCHO DE BANDA.**

*Hemos mencionado que las fibras transmiten información de tipo digital cuando un pulso de luz viaja por la fibra, se ensancha por factores propios de la transmisión. La figura 3.4. ejemplifica lo expuesto.*

*La velocidad de los bits a la entrada de la fibra depende de la dispersión modal. Este ensanchamiento es el que limita la velocidad de transmisión, dado de que es necesario separar más los pulsos para poder distinguirlos.*

#### **APERTURA NUMERICA.**

*La apertura numérica se define como la mitad del ángulo sólido dentro del cual un haz de luz incidente en la fibra logra la condición de reflexión total interna (RTI).*

*Ver figura 3.5. y 3.6*

#### **PERFIL DEL INDICE DE REFRACCION.**

*En general las fibras ópticas se constituyen usando dos cilindros coaxiales de sílice, donde el del centro tiene una pureza muy elevada. Para que la luz se propague por este medio, debe darse que el núcleo tenga un índice de refracción  $n_1 > n_2$ , siendo  $n_2$  el del cilindro exterior.*

*La figura 3.7 ilustra algunos perfiles del índice de refracción, para distintos tipos de fibras.*

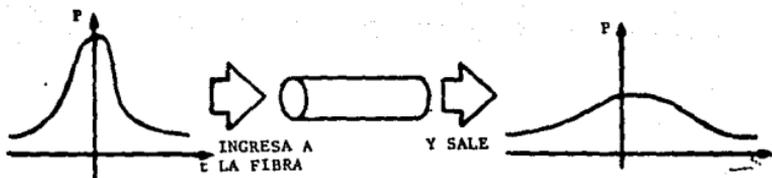


Figura 3.4 Ensanchamiento del pulso.

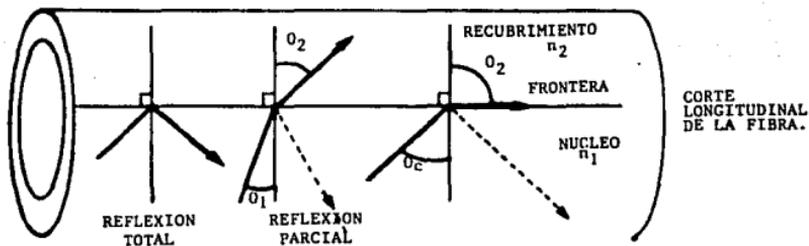


Figura 3.5 Fenómeno de reflexión.

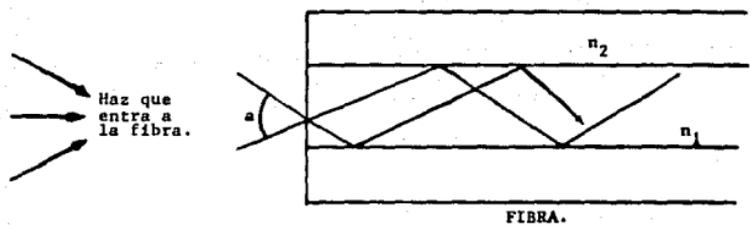


Figura 3.6 Recorrido del haz en la fibra.

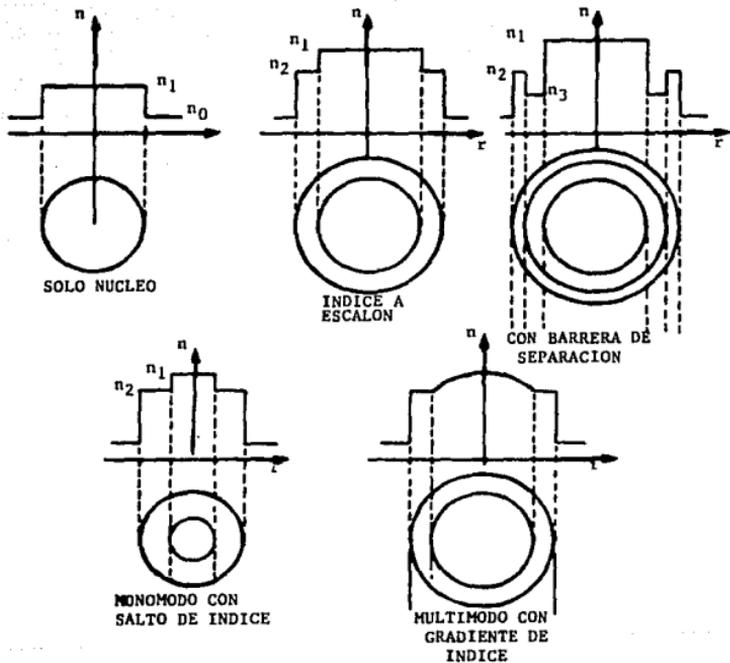


Figura 3.7 Perfil de índice de refracción.

## **TIPOS DE FIBRAS .**

### **USO EN REDES TELEFONICAS .**

*Debido a la naturaleza digital de la transmisión por fibras ópticas (Luz, no luz), a los efectos de poder transmitir variaciones continuas de una magnitud, se hacen necesarias consideraciones especiales.*

*Podemos observar que el uso de la red telefónica para la transmisión de datos se explica en el hecho de que ésta existía con anterioridad al surgimiento y difusión de las computadoras.*

*Con bastante rapidez se ha venido desarrollando una nueva realidad de la situación, que a diferencia de la anterior (que presentaba ventajas para uno solo de los servicios involucrados), va a tener ventajas para ambos. El aumento del uso de las fibras ópticas como medio de transmisión en troncales entre subestaciones telefónicas, nos permite aventurar una nueva imagen que sin duda será una realidad, en todo el mundo, en los próximos años.*

*Ver figura 3.8 y 3.9*

### **MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS (PCM Pulse Code Modulation) .**

*Para poder transmitir una señal de variación continua en forma discreta, es necesario recurrir a una técnica conocida como Modulación por Pulsos Codificados (PCM).*

*El PCM es un tipo de modulación usada para representar señales analógicas (por ejemplo la voz) en forma de valores discretos, y así poder transmitir las primeras sobre un medio digital.*

### **CARACTERISTICAS BASICAS DE UN MEDIO DE TRANSMISION .**

#### **RESISTENCIA .**

- *Todo conductor, aislante o material opone una cierta resistencia al flujo de la corriente eléctrica.*
- *Un determinado voltaje es necesario para vencer la resistencia y forzar el flujo de corriente. Cuando esto ocurre,*

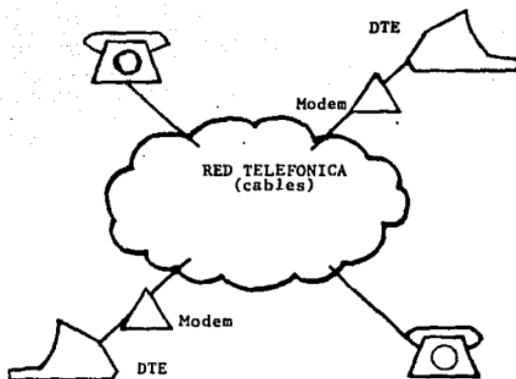


Figura 3.8 Instalación existente para teléfonos y su aprovechamiento en transmisión de datos (DTE: DATA TERMINAL EQUIPMENT).

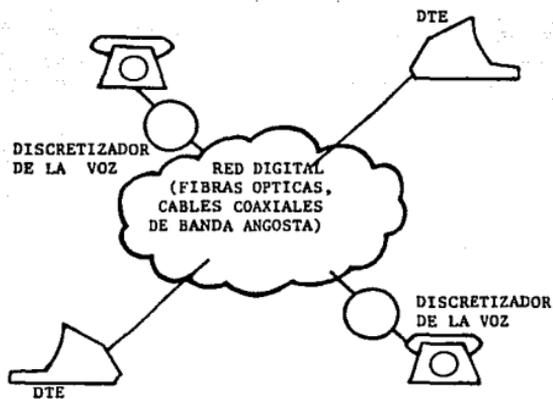


Figura 3.9 Futura estructura digital.

- el flujo de corriente a través del medio produce calor.
- La cantidad de calor generado se llama potencia y se mide en WATTS. Esta energía se pierde.
  - La resistencia de los alambres depende de varios factores:
    - \* Material que se usó en su construcción.
    - \* Alambres de acero, que podrían ser necesarios debido a altas fuerzas de tensión, pierden mucha más potencia que conductores de cobre en las mismas dimensiones.
    - \* El diámetro y el largo del material también afectan la pérdida de potencia.
      - \* a mayor diámetro, menor resistividad (largo constante)
      - \* a menor largo, mayor resistividad (diámetro constante)
  - A medida que aumenta la frecuencia de la señal aplicada a un alambre, la corriente tiende a fluir más cerca de la superficie, alejándose del centro del conductor.
  - Usando conductores de pequeño diámetro, la resistencia efectiva del medio aumenta la frecuencia. Este fenómeno es llamado "efecto piel" y es importante en las redes de transmisión.
  - La resistividad generalmente se mide en "ohms" ( $\Omega$ ) por unidad de longitud.

## **INDUCCION .**

Es aquella propiedad de los conductores que tiende a oponerse a cualquier cambio en el campo magnético existente alrededor del alambre, y que depende de varios tales como: tamaño de alambre, forma, valor de flujo instantáneo de corriente y aproximidad a otros conductores.

La capacidad depende del tamaño absoluto de los conductores; del tamaño relativo respecto al otro; del espacio entre los mismos y del tipo de material dieléctrico que los separa.

### **3.1.5 INTERCONEXIONES ESTANDARES .**

## **RS-232C (CCITT V.24/ISO 2110)**

Una de las interconexiones (interface) más difundida para enlazar equipos en transmisiones de datos, se llama RS-232C (nomenclatura americana) o CCITT V.24 (nomenclatura internacional).

Consiste en la disposición de 25 circuitos de intercambio con una función en cada uno.

Se implementa en un enchufe de 25 clavijas, de corte trapezoidal, para evitar un mal acoplamiento que se asegura mediante dos tornillos, uno a cada lado.

Esta recomendación, es una norma en sí misma completa, que especifica las características mecánicas, funcionales y eléctricas.

Permite una velocidad máxima de 20 kbps a una distancia máxima de 15 metros. No tiene prueba de mantenimiento.

Ver figura 3.10

## **V.25 Y V.35**

Existen dos interconexiones especiales:

- V.25 (RS 366) de 23 circuitos funcionales y dos tierras, para modems con autodiscado.
- V.35, de 34 circuitos que es la forma estándar del CCITT de gobernar transmisiones de datos a 48 kbps, usando circuitos en la banda 60-108

Ver figura 3.11

Usando RS-232C, algunos de los eventos más importantes que ocurren en la transmisión de datos son:

Ver figura 3.12

1. La Te levanta "RTS" (Request to Send).
2. El Me, luego de recibir "RTS", levanta la portadora (y demora)
3. El Mr, luego de recibir la portadora, envía "DCD" (Data Carrier Detect) a su terminal.
4. El Me retorna "CTS" (Clear to Send) a la Te.
5. La Te, transmite los datos. Los datos son modulados en la línea y recibidos en el otro extremo.
6. La Te baja "RTS".

MEDIOS FISICOS DE TRANSHISION.

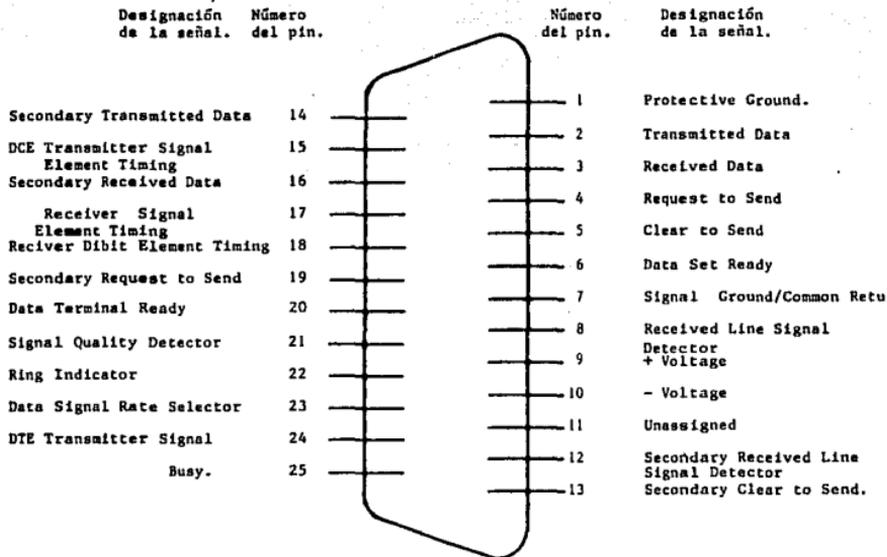


Figura 3.10 Descripción de las funciones de cada clavija en la interconexión CCITT V.24

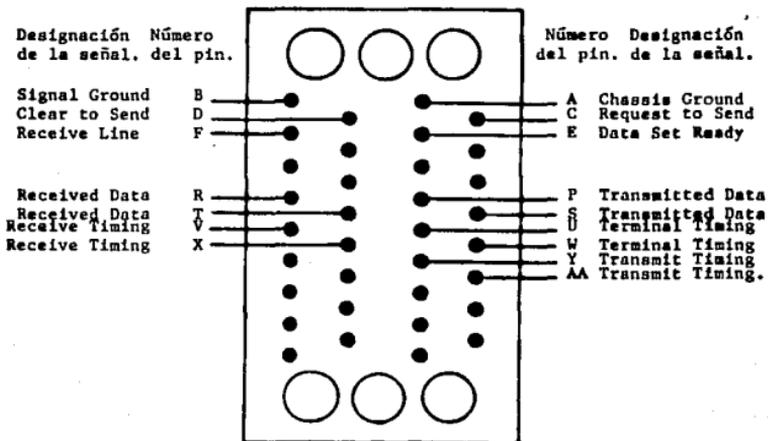
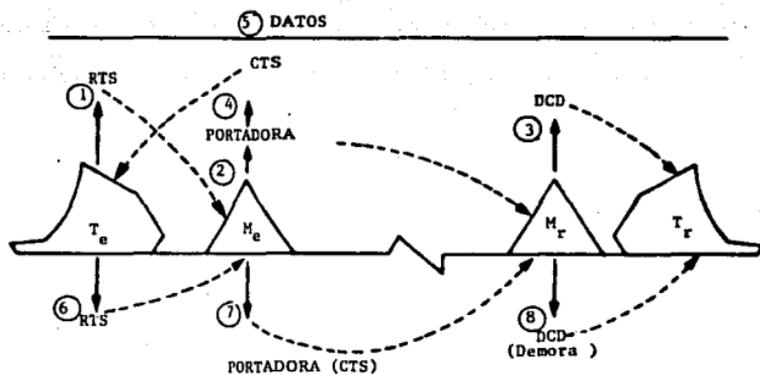


Figura 3.11 Descripción de la interconexión V. 35.



$T_e$  = terminal emisora,  $M_e$  = modem emisor  
 $T_r$  = terminal receptora,  $M_r$  = modem receptor

Figura 3.12 Transmisión remota de datos usando RS-232C.

7. El Me baja "CTS".

8. El Mr "demora" para recibir Los últimos datos y luego baja "DCD".

La parte importante de este proceso es la "demora RTS/CTS", conocida también como "tiempo de inversión de línea" (Turn-around). Otra demora importante es la del modem para modular y demodular.

## **RS-449 (V.24/ISO 4902)**

Esta es la norma reemplazante de la RS-232C, para redes analógicas con aplicaciones a largas distancias y altas velocidades. Se caracteriza por tener una función por circuito de intercambio, una velocidad máxima de 2 Mbps, con una distancia máxima de 1200 mts.

No es una norma completa en sí misma. Se completa con los RS-422/423A.

La RS-422 Especifica las características eléctricas para circuitos balanceados.

La RS-423-A especifica las características eléctricas para circuitos desbalanceados.

Ver figura 3.13

Dispone de un conector de 37 clavijas para dar cabida a más circuitos individuales que la RS-232C. Esta condición, que puede ser vista como una ventaja importante, es una de las críticas mayores que se le hacen, pues se vuelve más compleja y costosa

## **X.21**

Esta recomendación fue diseñada para redes públicas de datos que operan en forma digital.

Los sistemas de transmisión digital, usan microprocesadores en sus interconexiones, los cuales dependen lógicamente del software para su implementación. Esto los hace más flexibles.

X.21 define un conector de 15 clavijas con 6 circuitos de intercambio:

- todas las transmisiones de función y control van en el mismo circuito de intercambio (como datos del usuario)

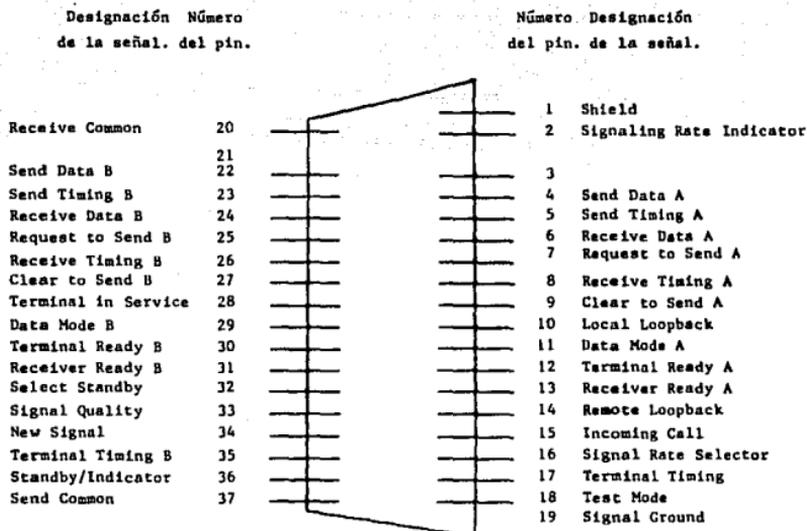


Figura 3.13 Descripción de la interconexión RS-449.

- tiene un circuito separado para ayudar a identificar lo que es dato de lo que es control, no permitiéndose el control durante la transferencia de datos.

Entre sus restricciones, se destaca la imposibilidad de ubicar equipos de inscripción de datos, entre el DTE: (Data Terminal Equipment: equipo de transmisión de datos) y el DCE: (Data Circuit Terminating Equipment). Puede decirse que X.21 promulga los procedimientos de establecimiento de llamada, en redes de circuitos conmutados de datos.

## **IEEE 488**

Es una interconexión ampliamente usada en aplicaciones especialmente de equipos de medición y laboratorio, que involucran múltiples dispositivos analógicos o digitales. (Aplicaciones de medición y laboratorios no control industrial).

Ver figura 3.14

## **INTERFACE PARALELA (TIPO CENTRONIC)**

Esta interconexión ha ganado mucho terreno en distancias cortas debido a su rápida transferencia "de a bytes".

Ver figura 3.15.

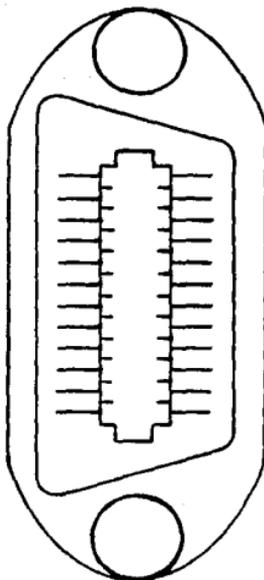
## **INTERCONEXION X.22**

- \* Designada como una "interconexión multiplexada de enlace al usuario".
- \* Originalmente, se le vio como una versión mejorada de la conmutación de circuitos.
- \* Australia, Alemania Occidental y Suecia son los países más activos en implementaciones de X.22
- \* En la asamblea general del CCITT de 1980, X.22 recibió su aprobación formal.
- \* Consiste en una corriente multiplexada a 48 Kbps, que incorpora varios servicios de datos sincrónicos multiplexados.
- \* Esta puede ser usada en X.21 con línea privada y conmutación de circuitos o paquetes, permitiendo que muchas estaciones remotas se conecten a un sistema central o controlador, simultáneamente en un único enlace de acceso.

Designación  
de la señal.

Número  
del pin.

LOGIC GND	24
GND	23
GND	22
GND	21
GND	20
GND	19
GND	18
REN	17
D108	16
D107	15
D106	14
D105	13



Número  
del pin.

12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

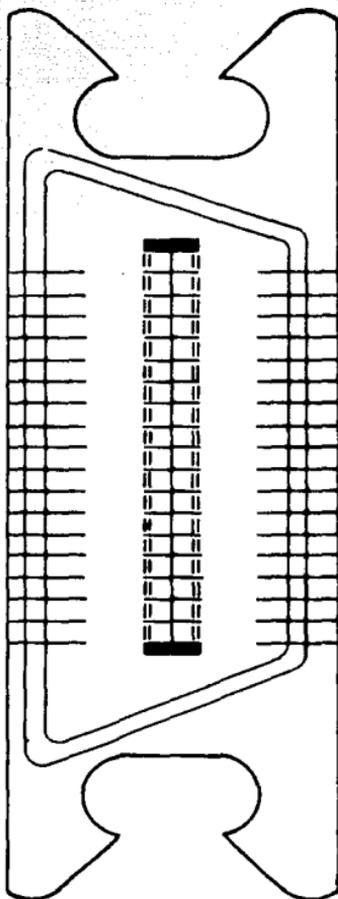
Designación  
de la señal.

Shield.
ATN
SRO
IFC
NDAC
NRFD
DAV
EOI
D104
D103
D102
D101

Figura 3.14 Descripción de la interconexión IEEE-488.

Designación Número  
de la señal. del pin.

No definido	36
No definido	35
No definido	34
No definido	33
FAULT	32
INPUT PRIME	31
(R) UNPUT PRIME	30
(R) BUSY	29
(R) ACKNOWLEDGE	28
(R) DATA BIT 8	27
(R) DATA BIT 7	26
(R) DATA BIT 6	25
(R) DATA BIT 5	24
(R) DATA BIT 4	23
(R) DATA BIT 3	22
(R) DATA BIT 2	21
(R) DATA BIT 1	20
(R) DATA STROBE	19



Número Designación  
del pin. de la señal.

18	+5V
17	CHASSIS GND
16	LOGIC GND
15	OSCXT
14	SUPPLY GND
13	SELECT
12	PAPER END
11	BUSY
10	ACKNOWLEDGE
9	DATA BIT 8
8	DATA BIT 7
7	DATA BIT 6
6	DATA BIT 5
5	DATA BIT 4
4	DATA BIT 3
3	DATA BIT 2
2	DATA BIT 1
1	DATA STROBE.

Figura 3.15 Descripción de la interconexión "tipo Centronics".

\* X.22 tiene la estructura de formato interna de multiplexión aprobada por el CCITT, X.50 y X.51, para redes de comunicación de datos.

\* Tanto los usuarios de la red como los proveedores se benefician de varias maneras:

- Requerimientos reducidos para acomodar DCE's: (Data circuit Terminating Equipment).
- Incrementos en servicios más rápidos.
- Redireccionamiento de servicios para sistemas alternativos vía operador de la red o control del cliente.

## 3.2 ESPACIO AEREO.

### 3.2.1 MICROONDAS.

En un sistema de microondas se usa el espacio aéreo como medio físico de transmisión.

La información se transmite en forma digital a través de ondas de radio de muy corta longitud (unos pocos centímetros). Pueden direccionarse múltiples canales a múltiples estaciones dentro de un enlace dado, o pueden establecerse enlaces punto a punto.

Las estaciones consisten en una antena tipo plato y de circuitos que interconectan la antena con la terminal del usuario.

Ver figura 3.16

Cuando el sistema de microondas pertenece a la compañía de teléfonos, parte de la red telefónica por cable interviene en el circuito.

Dependiendo del país y de su legislación, a veces es necesario obtener una licencia para uso privado, y esto puede constituirse en un contratiempo. También puede decirse que por el momento, los componentes resultan bastante costosos y no están disponibles fácilmente.

Ver figura 3.17

La transmisión es en línea recta (lo que está a la vista) y por lo tanto se ve afectada por accidentes geográficos, edificios, bloques, mal tiempo o cualquier otra interferencia. El alcance promedio es de 40 Km en la tierra.



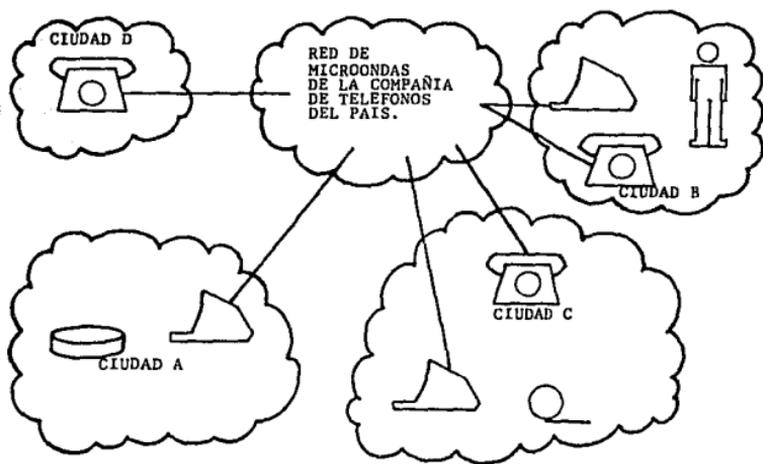


Figura 3.17 Microondas entre ciudades.

Ver figura 3.18

Una de las ventajas importantes es la capacidad de poder transportar miles de canales de voz a grandes distancias a través de repetidores, a la vez que permite la transmisión de datos en su forma natural (No se depende de la Compañía de Teléfonos de México en nuestro país).

Tres son las formas más comunes de utilización en redes de procesamiento de datos:

- redes entre ciudades, usando la red telefónica pública (en muchos países latinoamericanos está basada en microondas) con antenas repetidoras terrestres;
- Redes metropolitanas privadas y para aplicaciones específicas;
- Redes de largo alcance con satélites.

En las redes intraciudades, se instalan antenas para un grupo de dispositivos en los puntos altos de la misma: edificios y cerros entre otros.

En el caso de utilización de satélites las antenas emisoras, repetidoras o receptoras pueden ser fijas (terrestres) o móviles (barcos).

Ver figura 3.19

## **SATELITES, ESTACIONES TERRESTRES Y SU UTILIZACION.**

Muy amplia es actualmente la difusión del uso de satélites en redes de procesamiento de datos y se espera, además, un futuro muy promisorio en lo que concierne a una cobertura total del globo terráqueo, que elimine definitivamente la barrera de los océanos y las montañas.

## **CARACTERISTICAS DEL MEDIO.**

El satélite de comunicaciones es un dispositivo que actúa principalmente como "reflector" de las emisiones terrestres. Podemos decir, que es la extensión al espacio del concepto de "torre de microondas". Al igual que éstas, los satélites "reflejan" un haz de micro ondas que transportan información codificada. Realmente, la función de "reflexión" se compone

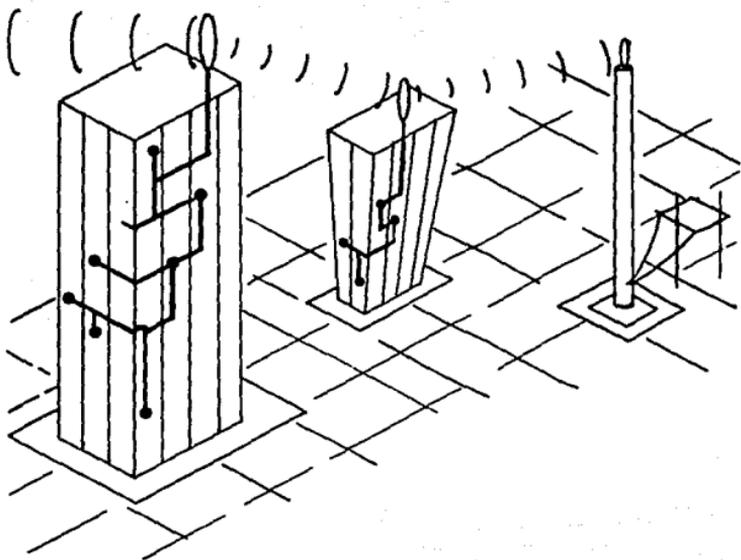


Figura 3.18 Red metropolitana.

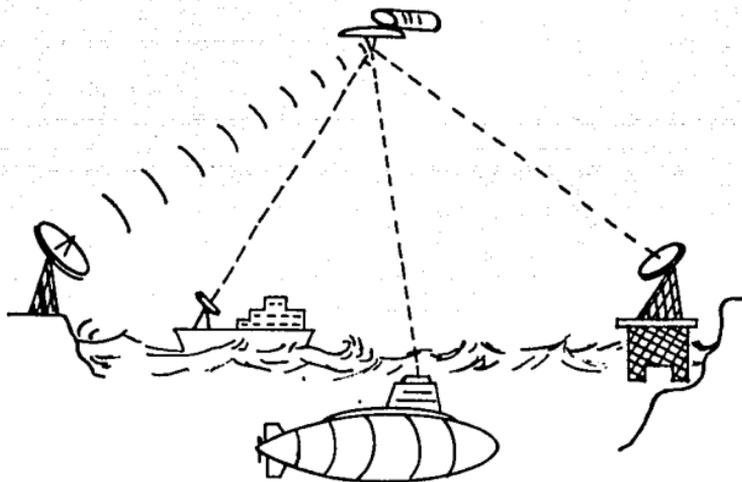


Figura 3.19 Red con satélite y con nodos fijos y móviles combinados.

de un receptor y un emisor, que operan a diferentes frecuencias: recibe a 6 GHz y envía (refleja) a 4 GHz, por ejemplo.

Físicamente, los satélites giran alrededor de la tierra en forma sincrónica con ésta a una altura de 35680 Km, en un arco directamente ubicado sobre el ecuador. Esta es la distancia requerida para que un satélite gire alrededor de la tierra en 24 horas, considerando entonces con la vuelta completa de un punto en el ecuador. Esta es la característica que en definitiva determina el objetivo geoestacionario que tienen los satélites de comunicaciones.

Algo menos de la mitad del globo queda en "el cono de mira" de un satélite, con lo cual, es obvia la importancia del alcance que tienen cada uno de estos dispositivos. Como ejemplo, digamos que un solo satélite ubicado sobre el ecuador en cualquier punto latinoamericano, actuaría como una altísima torre de microondas que permitiría interconectar todo el continente. Muchos satélites en los Estados Unidos usan la misma frecuencia que las torres terrestres de microondas, que operan en la línea de la vista.

Ver figura 3.20

El espaciamiento o separación entre dos satélites de comunicaciones, es de 2 880 Kms equivalente a un ángulo de  $4^\circ$ , visto desde la tierra. La consecuencia inmediata es que el número de satélites posibles a conectar de esta forma, es finito (y bastante reducido aunque tal vez suficiente si se saben aprovechar).

## **ESTACIONES TERRESTRES.**

Las estaciones del pasado (comienzo del 70) usaban una antena plato de más de 10 metros de diámetro. Sin embargo la reducida "pequeña" tiene unos 5 metros de diámetro. Pero la reducción no se detuvo en ese punto y hoy existen MICROESTACIONES TERRESTRES para comunicación vía satélite, con una antena de 60 cms de diámetro y unos 7 Kg de peso que obviamente abaratan costo y facilitan su instalación y mantenimiento.

Ver figura 3.21

Algunas de las características de estas microestaciones son:

- \* ubicables en la oficina o el hogar
- \* eliminan las cargas de la conexión telefónica
- \* uso de microcomputadores locales de control
- \* permiten el acceso "local" a archivos centralizados sin demoras producidas por compartir recursos.

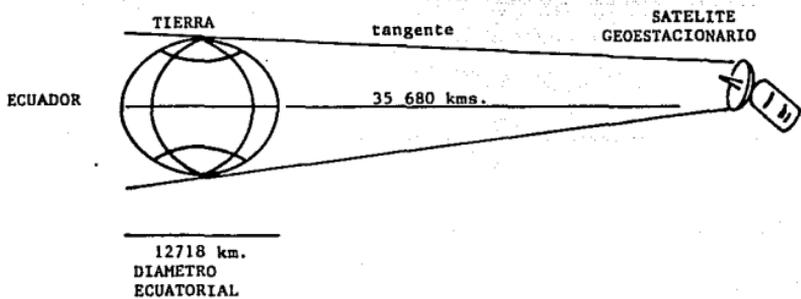


Figura 3.20 Posición de un satélite con respecto a la tierra.

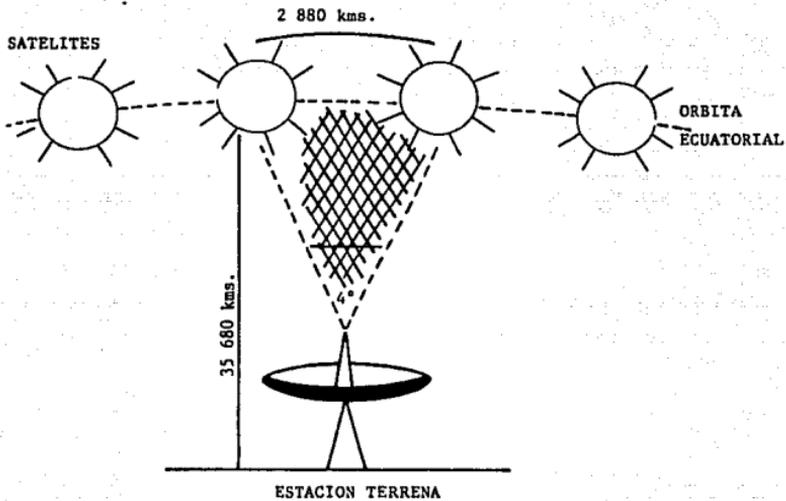


Figura 3.21 Separación entre satélites de comunicaciones.

Una microestación se compone de tres partes:

- \* estación receptora (una antena y un controlador microprocesado) Ver figura 3.22
- \* un segmento en el satélite
- \* una estación emisora.

Algunas de las funciones del controlador son:

- \* regular la interconexión con terminales
- \* controlar la recepción con/desde el satélite
- \* administrar los canales de salida (máx. 4 aprox)
- \* codificar los datos (ASCCI, Baudot)
- \* controlar velocidad de transferencia (de 45 a 9.6 Kbps.)

Ver figuras 3.23

## **MEJORA CUALITATIVA DE LA TRANSMISION**

Es necesaria la utilización de técnicas de procesamiento de la señal expandiendo el espectro, para permitir la extracción de la señal deseada del ruido de otros satélites y/o interferencias terrestres.

Estas técnicas se han utilizado en aplicaciones militares y de astronomía por mucho tiempo, y desde el año 1981 en aplicaciones militares comerciales.

La obtención de un alto número de chips por bit de información, extiende la señal sobre un ancho de banda mayor.

Estos chips de una transmisión en espectro expandido, son ordenados en una secuencia de código única, llamada "secuencia de ruido pseudo aleatorio".

Cada receptor incluye un "filtro de concordancia". El resultado es tal, que aún cuando un gran número de chips son mezclados en la transformación, el receptor puede aún efectuar el análisis de reconocimiento de patrones, para reconstruir los bits con confiabilidad.

Ver figura 3.24

## **ALTERNATIVAS AL SATELITE .**

Atendiendo a los altos costos de construcción, lanzamiento y mantenimiento de los satélites de comunicaciones, otras ideas

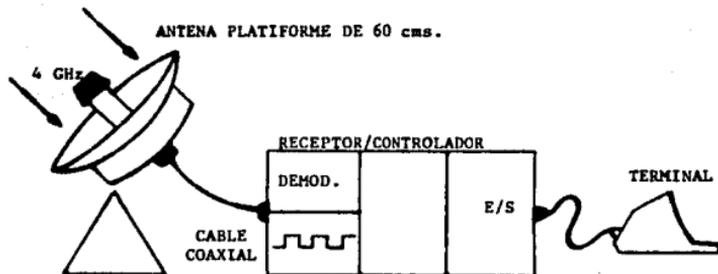


Figura 3.22 Esquema de una microestación receptora.

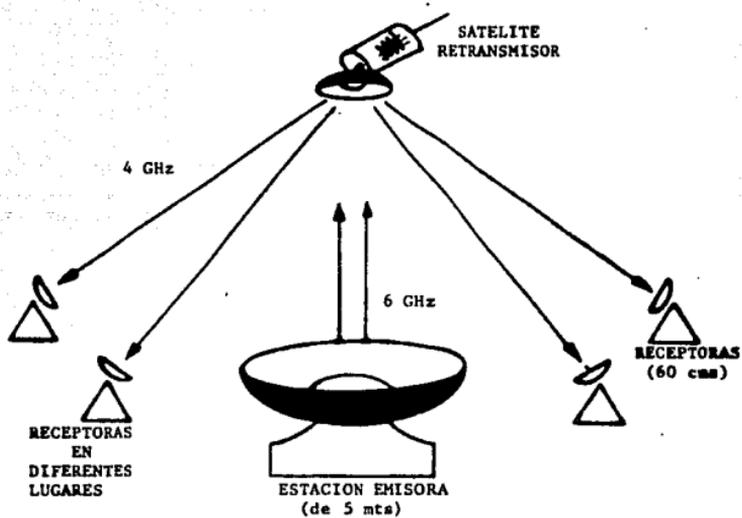


Figura 3.23 Esquema de una pequeña red.

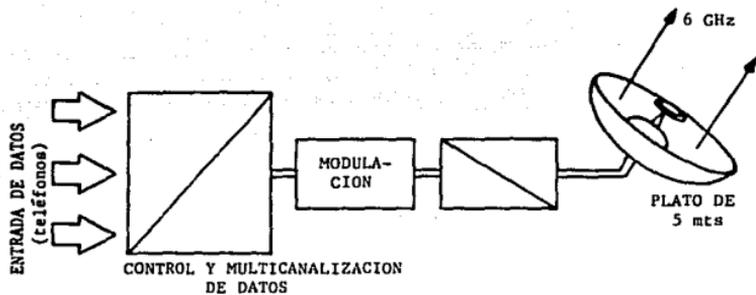


Figura 3.24 Estación emisora

han surgido que tienden a crear alternativas muy prácticas y de menor precio.

Una de estas ideas es la llamada SPACE MIRROR y que consiste en una "sombriilla" de livianísimas fibras de grafito, de unos 3 metros de diámetro. Este aparato flotaría sobre la tierra a una altura entre 96 a 160 Kms. Sería una vía alternativa a las comunicaciones vía satélite domésticas.

Ver figura 3.25

El dispositivo reflejaría las señales de comunicaciones enviadas desde un emisor a un receptor, ambos en tierra. Se espera que los principales beneficios sean: economía, alcance local, banda ancha e inmunidad a las restricciones de velocidad de los datos.

"Mantenido arriba" por una señal electromagnética emitida desde una estación terrena, el espejo, a una altura de 140 Kms podría cubrir un radio de 1300 Kms, casi el 70% del territorio continental de los EE.UU.

En aplicaciones punto a punto, podría manejar acceso a bases de datos, transmisión telefónica sin demoras, lectura remota de mediciones y control de semáforos.

Se ha comentado que el espejo sería de al menos 3 GHz. También se ha dicho que podría tener circuitos integrados que transforman el reflector pasivo en un dispositivo activo de transmisión, emitiendo sus propias señales, además de reflejar las transmisiones digitales desde puntos en la tierra. Quienes tienen a su cargo la investigación de este proyecto en los E.U. han manifestado que su lanzamiento sería próximamente y se podría realizar a través de un cañón electromagnético o quizás un taxi espacial.

### 3.2.2 INFRARROJO

El uso de luz infrarroja se puede considerar muy similar a la transmisión digital con microondas.

El haz infrarrojo puede ser producido por un Laser o un LED (Light Emitting Diode: diodo emisor de luz). Los dispositivos emisores y receptores deben ser ubicados "a la vista" uno de el otro. Velocidades de transmisión de hasta 100 Kbps pueden ser soportadas a distancias de hasta 16 Kms. reduciendo la distancia a 1.6 Kms, se puede alcanzar 1.5 Mbps.

La conexión es punto a punto (a nivel experimental se practican otras posibilidades). El uso de esta técnica tiene cier-

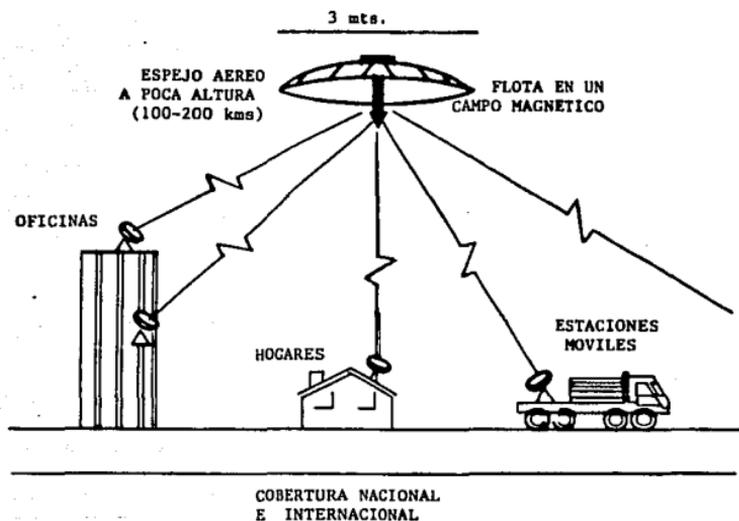


Figura 3.25 Alternativa al satélite de menor costo.

tas desventajas. El haz infrarrojo es afectado por el clima, interferencia atmosférica y por obstáculos físicos. Como contrapartida, tiene inmunidad contra el ruido magnético o sea, la interferencia eléctrica.

Si bien existen varias ofertas comerciales de esta técnica, su utilización no está muy difundida en redes locales, tal vez por sus limitaciones en la capacidad de establecer ramificaciones en el enlace, entre otras razones.

### **3.2.3 RUIDOS**

Hemos hablado de los medios físicos de transmisión los cuales no son perfectos, sino que algunos de ellos son muy afectados por los ruidos.

Los ruidos son importantes en las comunicaciones de datos porque ellos son causa de errores de transmisión. Podemos decir que los ruidos son todo aquello que provoca que no se tenga una adecuada comunicación.

\* Comentaremos dos tipos de ruidos:

- ruidos aleatorios
- ruidos de impulsos

\* Dos tipos de distorsión:

- atenuación
- los ecos.

#### **RUIDO ALEATORIO, BLANCO O GAUSIANO.**

Este ruido se extiende al azar sobre el espectro de frecuencias. Es causado por la actividad molecular del medio a través del cual el mensaje es transmitido.

La forma de corregir este efecto pernicioso, es ajustando la relación SEÑAL/RUIDO a un nivel suficientemente alto, como para que el "ruido de fondo" no sea detectado o pueda ser fácilmente filtrado.

#### **RUIDO DE IMPULSO**

Causado por actividad eléctrica, llaves defectuosas, ilumi-

nación, microondas etc. Es la causa principal de los errores de transmisión y se corrige con un buen aislamiento y el uso de equipo no defectuoso.

## **ATENUACION .**

Uno de los mayores problemas de la transmisiones analógicas es la pérdida de amplitud en la señal a medida que crece la distancia de propagación. Estas pérdidas aumentan a mayor frecuencia. Una de las razones principales de tales pérdidas, es la capacidad que se crea entre dos circuitos, cuando la corriente fluye a través de los mismos.

obsérvece la siguiente ecuación:

$$RC = IF$$

$$RC \text{ (Resistencia * Capacidad) } = IF \text{ (Inducción * Fuga.)}$$

Si de hecho esta relación se mantiene, la pérdida por atenuación será minimizada.

Sin embargo, la capacidad causa que el lado izquierdo de la ecuación sobrepase el derecho. Incrementando la inducción, se corrige el efecto. Esto se lleva a cabo insertando "bobinas de carga" en la línea, en los casos en que la distancia entre amplificadores sea mayor de 3-4 Kms. Estas bobinas son diseñadas para minimizar la distorsión por atenuación, solamente por encima del ancho de banda del canal de voz.

## **ECOS .**

Algunas compañías telefónicas proveen un servicio al suscriptor a través de 2 hilos, pero usan convertidores 2-4 y transmiten las señales por "troncales" de 4 hilos. En el otro extremo del circuito, ocurren discrepancias en los valores de impedancia que causan el surgimiento de ecos, que retornan en dirección opuesta.

Ver figura 3.26

El eco es tolerable en comunicaciones de voz y datos en circuitos de corta distancia. En largas distancias, el eco se retrasa lo suficiente como para degradar considerablemente las comunicaciones.

Se usan eliminadores de ecos en ambos extremos de la línea para corregir el efecto.

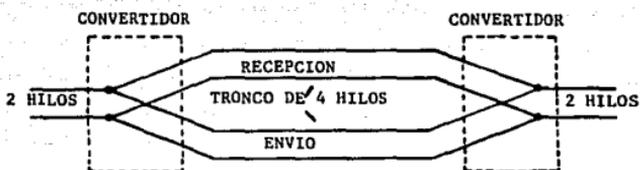


Figura 3.26 Esquema de las líneas telefónicas.

Ver figura 3.27

### 3.3 INTERFAZ ESTÁNDAR DE COMUNICACIONES.

Para permitir que se efectúen interconexiones entre equipos hechos por distintos fabricantes, resulta útil desarrollar estándares que definan la forma en que se puedan interconectar estos dispositivos. Tales estándares deben definir las características tanto físicas, como funcionales de la interfaz. El término interfaz estándar se refiere a la línea divisoria, o conjunto de puntos en que dos instrumentos se conectan entre sí. Uno de tales estándares que ha logrado aceptación en el estándar EIA (Electronics Industry Association) RS-232-C, Fuera de Estados Unidos, se conoce como recomendación CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) V24. Especifica por completo las interfaces que se establezcan entre los dispositivos de comunicación de datos (por ejemplo, modems) y el equipo de una terminal de datos (por ejemplo la computadora y la terminal de E/S de la figura 3.28). La interfaz RS-232-C consiste en 25 puntos de conexión, descritos en la figura 3.10

Para fines de instrucción, se analizará un ejemplo simple, pero que se presenta con frecuencia. Exáminese el enlace de la Figura 3.28, suponiendo que la terminal remota es una terminal de CRT: (Cathode Ray Tube: tubo de rayos catódicos) y que la conexión se efectúa a través de la red telefónica común. El conjunto de los datos del lado de la computadora, al que se le denominará conjunto de datos A, es capaz de conectarse o desconectarse bajo el control de la computadora, así como de detectar la señal de llamada en la línea telefónica. Un conjunto de datos más simples se utiliza en el lado de la terminal de E/S, que utiliza marcado manual y acoplamiento acústico.

Los pasos involucrados en este proceso se describen brevemente a continuación.

1. Cuando la computadora está lista para aceptar una llamada, pone la señal de que la terminal de datos está lista (CD) en 1.
2. El conjunto de datos A vigila la línea telefónica y cuando detecta la corriente de llamada que indica una llegada, le señala a la computadora poniendo el indicador de llamada (CE) en 1. Si CD es igual a 1 en el momento en que se detecta la corriente de llamada, el conjunto de datos res-

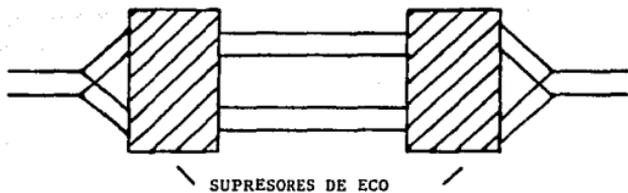


Figura 3.27 Utilización de supresores de eco en los extremos de las líneas.

Frecuencia, Hz			
Estado lógico 0 (espacio) 1 (marca).			
Canal	1	1075	1275
Canal	2	2025	2225

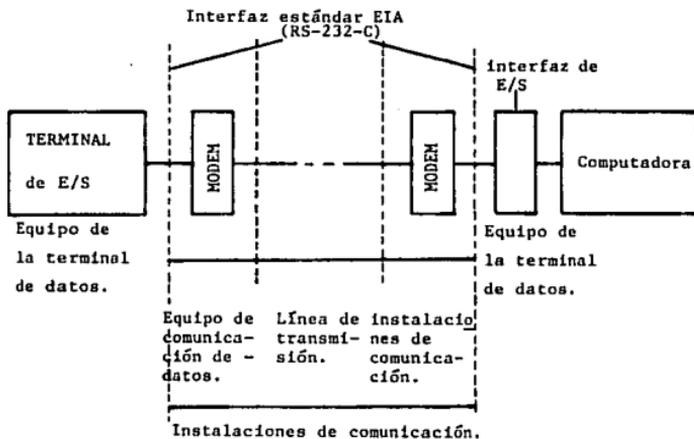


Figura 3.28 Conexión remota de una terminal de E/S a través de una línea telefónica dedicada, usando codificación por desplazamiento de frecuencia.

ponde (descuelga) en forma automática a la llamada. Después, pone la señal de que el conjunto de datos está listo (CC) en 1.

3. La computadora da instrucciones al conjunto de datos A para que empiece a transmitir la frecuencia que representa una condición de marca (2 225 HZ), con poner la solicitud de envío (CA) en 1. Cuando esto se efectúa el conjunto de datos A responde poniendo borrado para hacer que se envíe (CB) en 1. La detección de la presencia de marca en el conjunto de datos B provoca que éste ponga el detector de señal de línea recibida (CF) en 1, y que encienda una luz indicadora que está en el panel frontal.
4. El usuario responde oprimiendo un botón del panel frontal del conjunto de datos, lo cual es equivalente a poner CA en 1, provocando la transmisión de la señal de 1275 Hz. Después, el conjunto de datos B pone CB y CC en 1. Cuando el conjunto de datos A detecta la frecuencia de 1275 Hz, pone CF en 1.
5. Ahora se establece un enlace FDX (full duplex) entre la computadora y la terminal remota. La computadora puede transmitir datos hacia o desde la terminal remota, en la misma forma que en el caso de las terminales locales. Las patas BA (Datos Transmitidos) y BB (Datos recibidos) de la interfaz se utilizan para ese fin, mientras que todas las otras señales de la interfaz permanecen sin cambio.
6. Cuando el usuario sale del sistema (termina su sesión), la computadora pone las señales de solicitud de envío y de que está lista la terminal de datos (CA y CD) en cero, provocando que el conjunto de datos A quite la condición de marca y se desconecte de la línea. El conjunto de datos A pone las señales CB, CF y CC en cero. Cuando el conjunto de datos B detecta la desaparición de la condición de marca de la línea, pone el detector de señal de línea recibida (CF) en cero.
7. El conjunto de datos B responde quitando su frecuencia de marca de la línea y poniendo CB y CC en cero. El usuario termina la conexión su aparato telefónico.
8. La computadora pone la señal de que la terminal de datos está lista (CD) en 1, en preparación para una nueva llamada.

Debe señalarse que la descripción anterior se refiere específicamente al caso de los enlaces de transmisión que incluyen un modem. La interfaz RS-232-C es mucho más general, debido a que puede utilizarse para conectar en serie dos dispositivos digitales cualesquiera. Desde luego, la interpretación de las señales individuales tales como CA y CD depende de las capacidades funcionales de los dispositivos de que se trate.

Cuando no se necesitan estas señales, simplemente ninguno de los dos dispositivos la toma en cuenta. En algunas situaciones, un dispositivo como una computadora requiere una señal activa de algunas líneas, por ejemplo, en la línea de terminal de datos lista CD. Si la terminal conectada a la computadora no genera una señal activa en esta línea, el cableado de la interfaz deberá proporcionar el nivel necesario de activo.

### **3.4 CONTROL DE ERRORES**

En la sección anterior se presentaron algunos conceptos elementales relacionados con la comunicación de una computadora con una terminal. Tal comunicación se efectúa en forma muy parecida a la de las terminales locales. Hasta el momento, sólo se ha presentado una diferencia importante entre los dos casos, ésta es que la terminal remota requiere algún medio para establecer e interrumpir la comunicación con la computadora, mientras que tales medios por lo general no se necesitan en las terminales locales. Con estas últimas, el enlace existe, en realidad, todo el tiempo que se proporcione energía al equipo. La siguiente diferencia, y tal vez la más fundamental, entre los periféricos locales y remotos es que es mucho más probable que haya errores y la forma de proporcionar algún medio de recuperarse de esto son funciones importantes del hardware y del software para comunicaciones.

#### **3.4.1 DETECCION Y CORRECCION DE ERRORES DE TRANSMISION**

Muchas pueden ser las causas que alteran las señales transmitidas a través de un medio físico de comunicaciones. Hemos mencionado los tipos de interferencia eléctrica más comunes, sin embargo, otras podrían ser las causas.

Analícemos ahora la forma de detectar y si es posible corregir parte o todos los errores ocurridos en una transmisión.

A las funciones relacionadas con el control de las transferencias de datos a través de un enlace de comunicación se les conoce como control de enlace de datos (DLC: Data Link Control). Además del control de los errores, las funciones del DLC incluyen la sincronización de los relojes transmisores y receptores, el control de la dirección de las termina-

les en los enlaces HDX (half duplex) y el direccionamiento de las terminales en las líneas de FDX (full duplex). En el extremo en que está la computadora es posible que la computadora misma efectúe muchas de estas funciones. Sin embargo, cuando hay muchas terminales involucradas, resulta ventajoso introducir un control de comunicaciones dedicado, separado de la computadora y conectado con ésta como si fuera periférico de E/S. Tal controlador puede tener una estructura cableada fija u operar bajo el control de programa almacenado. En el extremo remoto, las terminales pueden contar con un microprocesador que efectúe todas las funciones del DLC: (Data Link Control). También puede utilizarse el microprocesador que efectúe todas las funciones del DLC. También puede utilizarse el microprocesador para convertir de un código de caracteres a otro, o ayudar a la preparación de los mensajes del usuario a través de la edición de textos. Por lo general de una terminal que ofrece tales posibilidades se le conoce como terminal inteligente.

## DETECCION DE ERRORES DE TRANSMISION

El método más simple para la detección de los errores es el empleo de los bits de paridad. Los bits de paridad pueden insertarse en la corriente de los datos de varias formas. Por ejemplo, puede agregarse un bit de paridad a cada carácter para formar una paridad non o par. Para un carácter de 7 bits  $b^6 b^5 \dots b^0$  puede transmitirse un bit  $P$  de paridad par como octavo bit, en donde

$$P = b^6 + b^5 + \dots + b^0$$

1. El símbolo + denota la función OR excluyente, (Exclusivo - OR) o suma módulo 2. Si se utiliza paridad non,  $P$  se reemplaza por  $P' (= 1 + P)$ . En el extremo del receptor se puede verificar con facilidad si cada uno de los caracteres recibidos tiene la paridad adecuada. Si se recibe un carácter con paridad equivocada, ha ocurrido un error de transmisión. A esta forma de verificación de los errores por lo general se le conoce como verificación de redundancia vertical VRC: (Vertical Redundancy Checking). Otro esquema de paridad al que se denomina verificación de redundancia longitudinal LRC: (Longitudinal Redundancy Checking) cuenta con un carácter único de verificación en el extremo del grupo de caracteres que constituye un mensaje. Por ejemplo, un mensaje consiste en un grupo de caracteres de 7 bits:  $P^6 P^5 \dots P^0$ . Cada uno de los bits de paridad del  $P^6$  al  $P^0$  es igual a la suma módulo 2 de todas las posiciones de los bits correspondientes de los caracteres del mensaje.

Desafortunadamente, los errores de los canales telefónicos

ocurren en ráfagas, en particular a velocidades de transmisión mayores. Como ejemplo, las situaciones transitorias de comunicación en las líneas cercanas a la energía pueden provocar errores en varios bits consecutivos. La naturaleza de ráfagas de los errores de las líneas telefónicas limita la utilidad de los esquemas de VRC y del LRC. Se han desarrollado otros esquemas de detección para tales ambientes. Un esquema poderoso y de uso común es la técnica de verificación cíclica CRC: (Cyclic-Redundance-Checking). Como el LRC, el esquema de CRC utiliza una suma de verificación en el extremo del mensaje. Esta suma de verificación se genera calculando la suma módulo 2 de los bits del mensaje, después de agruparlos en forma especial. Por lo general el número de los bits de la suma de verificación es de ocho a 16, dependiendo de la longitud del mensaje y de la capacidad deseada de detección de errores.

Existen dos formas principales de detección de errores:

1. Requerimiento Automático de repetición: ARQ (Automatic Request For Repeat).
2. Corrección de errores hacia adelante: FEC (Forward Error correction).

El método ARQ separamos la detección de la corrección:

DETECCION	Chequeo de paridad vertical: VRC
	Chequeo de paridad vidimensional: VRC/LRC
	Chequeo polinomial o cíclico: CRC

CORRECCION	"Pare y espere" (Stop and Wait ARQ)
	"Continuo" (Continuos ARQ)

## **METODOS DE DETECCION POR PARIDAD.**

La mayoría de las técnicas de detección de error en las secuencias de bits transmitidas, hacen uso del agregado de bits de control.

### **Chequeo de paridad vertical VRC.**

Es un método simple, aplicable a nivel de byte. Su uso está directamente relacionado con el código ASCII. El método de codificación de símbolos ASCII, utiliza los valores binarios obtenidos con 7 bits para representar los datos.

El máximo valor binario representable es 7F (hex.) = 127 (des.), por lo tanto se tienen 128 posibilidades distintas (de 0 a 127). Si definimos un carácter igual a un byte, podemos disponer de un bit para control. Definiremos la "paridad" de un carácter de dos formas:

- Paridad "par", cuando el número total de bits en "1" en el byte es par.
- Paridad "impar", cuando el número total de bits en "1" es impar.

En el método de la transmisión, el extremo emisor calcula el bit de paridad y lo añade a los datos. El receptor recalcula la paridad y la compara con el criterio utilizado.

Es evidente que el método no asegura que no hayan ocurrido errores. Basta que cambien su valor dos bits de datos simultáneamente para que la paridad sea correcta pero el dato no. VRC disminuye la probabilidad de que el dato final sea erróneo.

Una línea telefónica que establece la conexión en una red transmite a velocidades entre  $10^3$  y  $10^4$  bps, con una tasa de error de  $10^{-5}$  (1 en  $10^5$ ). Este valor puede ser mejorado a  $10^{-7}$  con el uso de VRC.

Ver figura 3.29

### **Chequeo de paridad Longitudinal LRC**

Si en lugar de considerar 7 bits como el dato a transmitir en el momento de calcular la paridad, consideramos un conjunto de caracteres (bloque) con sus bits de VRC y sobre eso calculamos la paridad, estaremos usando LRC.

Ver figura 3.30

Tomando el *i*-ésimo bit de cada byte y calculando a partir de ellos el bit de paridad resultante (según el criterio definido) obtendremos el *i*-ésimo bit del BCC: (Block Check Character) para "i" variando entre 1 y 8. Cuando se usa LRC, se agrega un carácter al final del mensaje que contiene todos los bits de paridad calculados como se dijo anteriormente. Este byte adicional, se llama BCC que es un carácter de 8 bits transmitido al final de un mensaje.

### **Chequeo Bidimensional VRC/LRC**

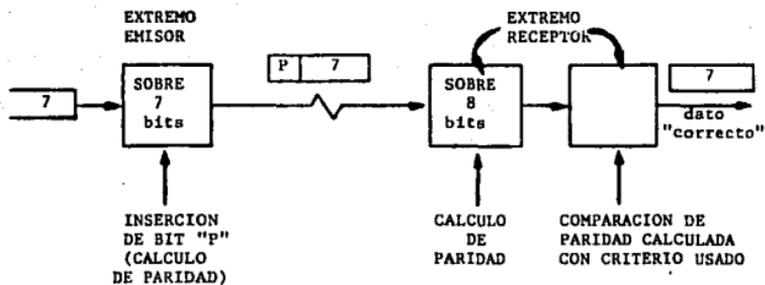


Figura 3.29 Método de chequeo de paridad vertical (VRC).

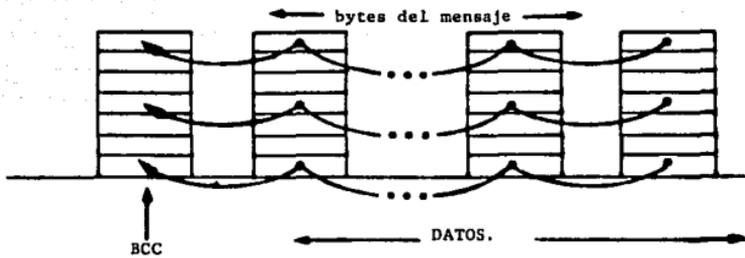


Figura 3.30 Chequeo longitudinal LRC.

El uso combinado del método vertical y longitudinal se conoce como chequeo vidimensional. Con el vertical obtendremos la abscisa y con el longitudinal la ordenada del punto (bit) erróneo, con una gran probabilidad de acierto. Parte de los errores no filtrados por el vertical, pueden detectarse con esta técnica combinada.

La tasa de error de la línea telefónica mencionada antes, puede bajarse a  $10^{-7}$  con chequeo vidimensional.

VER FIGURA 3.31

### **Redundancia cíclica CRC.**

El método de redundancia cíclica (CRC: Cyclic Redundancy Check) es otra técnica muy usada para detección de errores. Trabaja a nivel de mensaje, agregando varios caracteres de control al final, siendo lo más común 2 ó 4 bytes de control.

Se divide la secuencia de bits a enviar, por un número binario predeterminado. El resto de la división se adiciona al mensaje como secuencia de control.

(polinomio predeterminado)	cosiente	(no interesa)
DIVISOR	/ DIVIDENDO	(número binario formado por los bits de datos del mensaje.)
	Resto	(Secuencia de control)

Por una regla aritmética simple, si el divisor es un número de 16 bits, podemos tener la certeza que el resto siempre podrá almacenarse en dos bytes, de donde, agregando 2 caracteres a nuestro mensaje tendremos el método implementado.

El extremo receptor realiza el mismo cálculo que el emisor y compara el resultado obtenido con la secuencia de control recibida. Si no coinciden, equivale a una indicación de error.

### **MÉTODOS DE CORRECCION DE REPETICION AUTOMATICA (ARQ).**

Hemos visto cuatro métodos para detectar los errores de transmisión en una línea: VRC, LRC, vidimensional y CRC. Es-

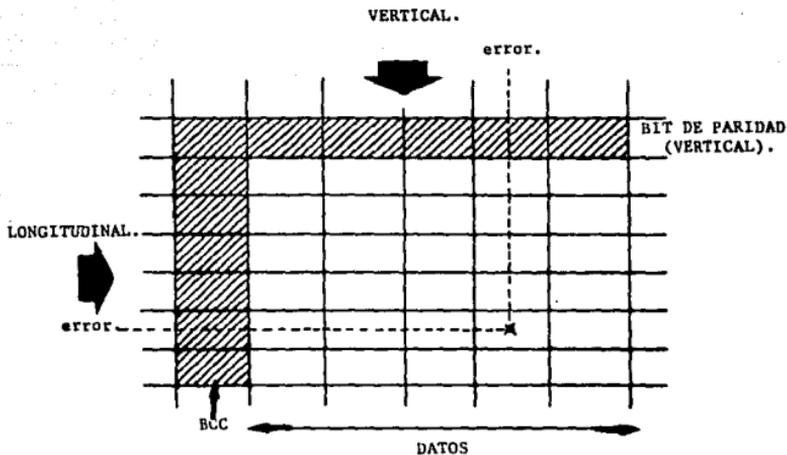


Figura 3.31 Chequeo bidimensional.

tudiaremos ahora dos formas de corrección.

## **PARE Y ESPERE.**

Esta es una forma muy conocida de recuperar los datos luego de un error. Consiste en:

1. transmitir un mensaje
2. detenerse
3. esperar una respuesta (reconocimiento positivo o negativo)
4. accionar según la respuesta:
  - retransmitir (negativo)
  - continuar con el siguiente mensaje (positivo).

Existen caracteres de control en el código ASCII, destinados para tales efectos: ack, nack y eot por ejemplo.

El número de transmisiones normalmente es un parámetro programable en los adaptadores de comunicaciones o en el software central.

En síntesis, por cada mensaje que se envía, se recibe una respuesta que explica cómo llegó el mensaje.

## **CONTINUO**

Este es otro método de corrección por retransmisión. Se utiliza con modalidad FDX (Full Duplex) de transmisión.

Variante "retroceda 2" (GO BACK 2)

Se envía una respuesta de reconocimiento por cada dos mensajes transmitidos. Es decir, mientras se está enviando una, se está reconociendo por la otra vía, el anterior, con el consiguiente ahorro de tiempo.

## **VARIANTE RETROCEDA N**

Es el método utilizado en los protocolos orientados al bit, tipo HDLC: (High Level Data Link Control) define ciertos campos de control que deben ser agregados a ambos extremos de un paquete de datos, esta orientado al bit para transmisiones sincrónicas. Se establece a priori un módulo que indica cada cuántos mensajes transmitidos se va a enviar una respuesta de reconocimiento positivo.

En caso de un error en datos recibidos (detectado generalmente usando CRC), se pide que se retransmita la secuencia a partir del mensaje X retrocediendo  $n=m-x$ , con  $m = \text{módulo}$ .

### REPETICION SELECTIVA.

Esta es otra forma de corrección por retransmisión en la cual en lugar de solicitar la repetición parcial o total de una secuencia de mensajes, se pide la retransmisión de uno en particular, "seleccionándolo" por su número correlativo, dentro de la secuencia recibida.

Todas las formas de CORRECCION ARQ usan el fenómeno de reenvío del mensaje (o grupo de mensajes) para intentar subsanar el problema.

Las desventajas de este procedimiento son, entre otras, la pérdida de tiempo, sobrecarga de las líneas y determinación del criterio de selección del número de retransmisiones. Así mismo, como veremos más adelante, el coeficiente de eficiencia del protocolo se ve muy disminuido en caso de muchos reconocimientos y retransmisiones.

datos puros  
(coef. ef. = ----- ; el valor 1 sería el ideal)  
datos totales

### METODO DE AUTOCORRECCION FEC: (FORWARD ERROR CORRECTION).

En general, hace referencia a un método (hay muchos) de codificación de los datos, para efectos de asegurar una mayor confiabilidad a los mensajes transmitido. Esto se logra mediante el uso de un algoritmo que modifica la ubicación de los bits originales, agregando otros, que permiten que el extremo receptor sea capaz de reconstruir el mensaje original aún en el caso de que se hayan introducido errores -durante la transmisión- que afecten una larga secuencia de bits (varios cientos por ejemplo).

Conviene pensar en la importancia que tendría mejorar la tasa de error de una transmisión, por un factor de 1000, sin afectar el circuito en uso.

Ver figura 3.32.

El de autocorrección a diferencia del de repetición, no requiere reconocimientos ni retransmisión de mensajes.

Con el aumento en el uso de canales de alta velocidad (provo-

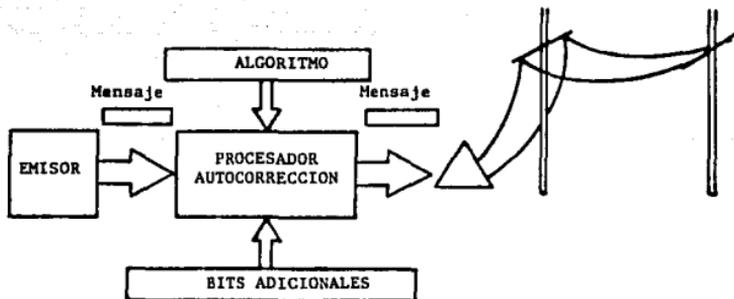


Figura 3.32 El "procesador de autocorrección" modifica la secuencia de bits original, agregando otros para control.

cado por una mayor oferta a menores costos, fruto del uso de una mejor tecnología). El efecto negativo debido al uso de un gran número de bits redundantes, se ve disminuido, al punto que su "influencia perniciosa" en los tiempos de respuesta, en un precio muy bajo comparado al beneficio que representa.

La sobre carga (bits overhead) provocada, oscila entre un 7 y un 50%. Estos valores, si bien parecen muy altos, pueden ser "económicos" comparados con la sobrecarga provocada por la retransmisión.

Una tasa de código de 7/8 significa que, de 8 bits transmitidos, 1 es de control y 7 son datos puros, o sea, sobrecarga igual a 1/8.

### **" CONVOLUCIONAL " O CORRECCION DE ERRORES HACIA ADELANTE POR REPLIEGUE .**

Mediante la comunicación, cada bit de una secuencia del usuario es comparada con uno o más bits enviados inmediatamente antes.

El valor de cada bit, el cual puede ser cambiado por el procesador, es por consiguiente ligado con el valor de otros bits.

Además, un bit redundante es agregado en cada grupo de bits comparado de esta manera.

Cuando un bit es comparado solamente con el bit que lo precede, el número de bit redundante requerido para asegurar la descodificación en el receptor, es muy alto, aunque la complejidad del procesamiento es minimizada.

Inversamente, cuando el bit es comparado con un gran número de bits previamente transmitido (a este número se le llama "constraint length"), el número de bits redundantes es minimizado, pero la complejidad de procesamiento en ambos extremos es más alta. (Los más comunes son Viterbi, Feedback y Secuencial).

### **CORRECCION HACIA ADELANTE POR BLOQUES .**

A diferencia del esquema anterior, bloques enteros de datos se cargan en registros, donde se procesan como un todo.

**Bits redundantes son agregados basándose en el contenido del bloque completo.**

*Según las implementaciones realizadas hasta este momento, la codificación en bloques parece agregar menos sobrecarga de bits redundantes, a ser enviados con los datos del usuario. La especificación V.32 del CCITT para modems conectados a la red incluye como parte integral, la utilización de esta. La próxima generación tal vez se llame "Super-Modems".*

*El esquema adoptado por CCITT, se llama "Trellis Coding" y tiene una tasa (Code Rate) de 4/5. Por lo tanto, una velocidad de 12 Kbps es usada para transportar datos del usuario a 9.6 Kbps. Se le llama "expansión del ancho de banda", pues para mantener la misma velocidad de transmisión de los datos puros, hay que aumentar la velocidad en un porcentaje igual a la sobrecarga.*

## **DEMORA .**

*Debido a la forma de transmitir en bloques, los bloques del usuario resultan más largos que con esquemas, convencionales. La "duración de un bit" es la forma estándar de medir esta demora, y es transparente de la velocidad de frecuencia empleada.*

*Algunos productos, a veces agregan 2000 duraciones de bit de demora. Esquemas convencionales agregan entre 30 y 1000 bits. Con líneas de transmisión de alta velocidad, esta diferencia puede no ser importante.*

## **PROCEDIMIENTOS DE RECUPERACION EN CASO DE ERRORES DE TRANSMISION**

*En general, la recuperación en el caso de los errores de transmisión puede lograrse en una de entre dos formas:*

- 1. Con la inclusión de suficiente redundancia como para permitir al receptor reconstruir el mensaje transmitido, aun cuando algunos de los bits recibidos sean erróneos. A este enfoque se le denomina corrección de errores adelantada. (FEC: Forward Error Corection).*
- 2. Con la utilización de un esquema de detección de errores y la solicitud de la retransmisión cuando se detecte un error. A este enfoque se le denomina solicitud de repetición automática (ARQ: Automatic Repeat Request).*

Un ejemplo bien conocido de los códigos de FEC son los códigos HAMMING que son un caso especial de las técnicas de CRC. Un problema de los códigos de corrección de errores es que requieren un gran número de bits adicionales de verificación. Por ejemplo, un mensaje de 7 bits que contenga 8 bits de información y 3 bits de verificación permite al receptor reconstruir el mensaje original después de que ocurra un error en el bit 1. En general,  $n$  bits de verificación permiten la corrección de error de un bit de un mensaje que tenga  $2n - 1$  un bit de longitud (incluyendo los bits de verificación). Se requieren más bits de verificación si se necesita tener la capacidad de corregir errores de más de un bit. Por esta razón, tales códigos son adecuados tan sólo para utilizarse en canales que tengan razones de error muy bajas, o cuando no se disponga de un canal inverso para solicitar la retransmisión. Pueden encontrarse ejemplos del uso de la corrección de errores anticipada en las comunicaciones de radio y de satélite.

El esquema de uso más común para el control de los errores de los canales telefónicos es el ARQ, que a continuación se describe con cierto detalle.

**Protocolos ARQ** Al más simple de estos protocolos se le denomina ARQ de detención y espera. Después de que el extremo emisor termina la transmisión de un mensaje, se detiene y espera hasta que se reciba el reconocimiento positivo o negativo que provenga de un extremo remoto. Un reconocimiento es un mensaje codificado que el extremo receptor envía al extremo emisor cuando se ha terminado la recepción de un mensaje. Un reconocimiento positivo indica que no se han detectado errores. Esto es, la suma de verificación calculada por el receptor coincide con la del final del mensaje. Un retorno emisor lo interpreta como una solicitud de retransmisión del mismo mensaje. Un sistema que utilice este protocolo también debe tener en cuenta la posibilidad de que por alguna razón, el mensaje de reconocimiento no llegue al extremo emisor. A fin de evitar que el transmisor espere indefinidamente una respuesta, debe utilizarse un temporizador de vigilancia. Después de un periodo de detención, el transmisor considera que su mensaje se perdió e inicia la retransmisión. Esto puede intentarse varias veces, después de lo cual el emisor considera que el enlace de transmisión se rompió.

Es muy simple implantar el sistema de detección y espera, y puede utilizarse con líneas HDX O FDX. Sin embargo, su principal desventaja es que la utilización de la línea es poca ya que dedica mucho tiempo a esperar reconocimiento. Esta situación se representa en la figura 3.33, en donde  $T$  es el tiempo de transmisión del mensaje y  $W$  es el tiempo de espera anterior a que se puede transmitir el siguiente mensaje. De esta forma, la transmisión de mensajes tiene lugar sólo  $T/(T + W)$  y el tiempo disponible. Además, si, se considera que  $P$  es la

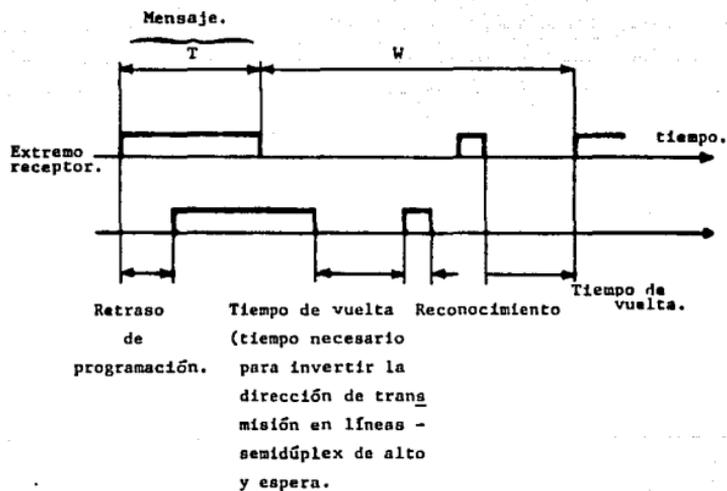


Figura 3.33 Esquema ARQ.

y el tiempo disponible. Además, si, se considera que  $P$  es la probabilidad de un mensaje erróneo, sólo  $1 - P$  de los mensajes transmitidos se reciben en forma correcta. El extremo receptor desecha el resto de los mensajes, debido a la presencia de errores. De esta forma, es posible definir el factor de eficiencia de la transmisión como:

$$\eta = \frac{T}{T + W} (1 - P)$$

Considerese que la velocidad de transmisión es  $v$  bits/s y la longitud del mensaje es  $n$  bits; entonces,

$$\eta = \frac{n/v}{n/v + W} (1 - P) = \frac{n}{n + Wv} (1 - P)$$

Puede notarse con facilidad en la figura 3.33 que el tiempo de espera  $W$  tiene tres componentes: el retraso de programación del recorrido en ambos sentidos, el tiempo necesario para invertir dos veces la dirección de la transmisión y el tiempo de la transmisión del mensaje de reconocimiento. Como por ejemplo, tómesese un enlace de comunicación de 4800 bits/s que se da a través de una red telefónica pública. El retraso de programación puede estimarse en 4 ms/100 millas. El tiempo del recorrido en ambos sentidos varía mucho y se considerará de 150 ms. El tiempo de la transmisión del mensaje de reconocimiento es una función del número de caracteres que contenga. Ya que esto incluye la transmisión de sólo unos cuantos caracteres, el tiempo de transmisión es breve y puede desecharse. Suponiendo un enlace de 300 millas, se obtiene.

$$W = 2(4 \times 3 + 150) = 324 \text{ ms.}$$

A continuación, tómesese en cuenta la probabilidad de error  $P$ . Resulta obvio que ésta es una función de la longitud del mensaje  $n$ . Si  $n$  está en el intervalo de  $10^3$  a  $10^4$  bits, puede obtenerse una estimación a groso modo de  $P$  en un enlace de 4800 bits/s a partir de la ecuación.

$$P = 0.15 \times 10^{-4} n$$

Entonces, con una longitud de mensaje de 1 000 bits, se obtiene

$$\eta = \frac{1000(1 - 0.015)}{1000 + 0.324 \times 4800} = 0.39$$

La razón efectiva de transmisión bajo estas condiciones es de

como  $P(1)$ , la eficiencia de la transmisión mejora conforme aumenta la longitud del mensaje. Para  $n = 200$ ,  $\eta$  desciende a 0.11, mientras que para  $n = 5000$ ,  $\eta = 0.71$ .

Tómese en cuenta ahora el efecto de aumentar la velocidad del modem a 9600 bits/s. El nuevo valor de  $\eta$  en un mensaje de 1000 bits se vuelve  $0.24 \times 9600 = 2300$  bits/s. Entonces, resulta interesante observar que duplicar la velocidad de la transmisión de como resulta el aumento de la razón efectiva de transmisión tan sólo en un 23% (de 1870 a 2300 bits/s), debido a que la transmisión tiene lugar sólo el 24% del tiempo a la velocidad más alta.

A partir del análisis anterior, puede verse que el esquema de ARQ de detección y espera es poco eficiente en forma inherente. Sin embargo, debido a su simplicidad se usa mucho. Obsérvese que si las instalaciones de la transmisión son FDX full duplex, el tiempo de ida y vuelta se reduce a cero. Ya que éste es el parámetro dominante en el ejemplo anterior, es de esperarse que haya incremento importante en la eficiencia de la transmisión. En realidad, en un enlace de 4 800 bits/s, con  $n = 200$ , 1 000 y 5 000 bits,  $\eta$  es igual a 0.63, 0.90 y 0.97, respectivamente.

En la transmisión a larga distancia, la eficiencia del esquema de detención y espera es baja, aun con transmisión FDX full duplex. Puede lograrse una mejora importante si se elimina el periodo de espera, lo cual sucede en el esquema ARQ continuo que a continuación se describe brevemente.

**ARQ continuo** con instalaciones FDX full duplex, el extremo transmisor puede continuar enviando mensajes sin esperar la llegada del reconocimiento. Cuando se recibe un reconocimiento negativo, el extremo emisor empieza a retransmitir el mensaje que se recibió con error. Esto implica que:

1. Los mensajes se conserven en buffers de memoria hasta que se reciba el reconocimiento correspondiente.
2. Los mensajes y sus reconocimientos deban numerarse de manera que el extremo transmisor pueda retransmitir los mensajes correctos.

El método de ARQ continuo es considerablemente más complejo que el esquema de detención y espera. Se emplea en las situaciones en donde el uso de la línea y la productividad general son factores importantes.

## IV TIPOS DE REDES

### QUE ES UNA RED?

Es el conjunto de cierto número de terminales que intercambian información forma en si una red.

Una red permite a sus usuarios compartir convenientemente programas, datos, documentos, e información. Al usar el servicio de transferencia de archivo, las personas de los distintos lugares pueden colaborar fácilmente en proyectos como el desarrollo de programas o la escritura de informes, artículos o libros. Toda la información se mantiene "en línea" de modo que todo participante en el proyecto puede examinar la última versión de los archivos en cualquier momento. También juega un papel importante el correo electrónico que puede repartirse en una fracción de minuto manteniendo a usuarios distantes en estrecho contacto.

Las redes constituyen un campo de investigación nuevo y en evolución que tiene muchos problemas sin resolver. Unos de ellos consiste en cómo permitir la existencia de diversas clases de computadoras en la red, de tal modo que se puedan pasar programas escritos para una clase en otra distinta. Otro problema consiste en compartir datos entre computadoras con diferentes formatos de datos y códigos. Otro problema es cómo encaminar los mensajes a su destino de la manera más eficiente. Otro problema es cómo repartir la carga de trabajo entre los diferentes nodos.

### 4.1 REDES DE LARGO ALCANCE.

Un importante factor que afecta la capacidad de comunicación del dispositivo de un usuario con el dispositivo de otro usuario lo constituye, el área de la transmisión. El método tradicional de transmisión de ha realizado por medio del sistema telefónico de voz. La razón principal de su aceptación es la universalidad de sus comunicaciones, que brindan acceso esencialmente a toda localidad en los países más avanzados, a velocidades de hasta 9 600 bits por segundo.

Con el crecimiento de la transmisión de datos por teléfono, surgieron los problemas. Los tiempos de respuesta eran largos debido a la interrogación en líneas de comunicación multipunto "Half duplex" de amplitud de banda limitada. Los costos

eran altos porque las líneas destinadas eran usadas aún para cargas de comunicación pequeñas. La confiabilidad no era buena porque un simple fallo en una configuración multipunto podía hacer fallar todo el complejo. Más importante aún, el método específico de conectar las terminales a un computador podía impedir el uso de la terminal en otras computadoras o incluso otras aplicaciones.

Aproximadamente a partir de 1965 ha habido una demanda cada vez mayor para establecer redes que satisfagan las necesidades de los usuarios, más que a los sistemas públicos telefónicos conmutados. Los requisitos incluían: brindar mejor tiempo de respuesta, menores porcentajes de error, mayor seguridad y menor costo. Grandes organizaciones ya estaban haciendo esto a través del establecimiento de redes privadas y obtenían solamente el servicio de transmisión de transportadores comunes y proporcionaban a ellos mismos toda la conmutación a través de equipos de propiedad privada. A pesar de que las redes privadas satisfacían las necesidades del gran usuario, cada una de ellas era hecha a la medida, a gran costo, a menudo desaprovechada, vulnerable a fallas del circuito y generalmente incompatible con otras redes. Esto ha dado lugar a una serie de actividades de estándares y sistemas de redes de valor añadido.

Existe una variedad de diferentes requisitos del usuario para comunicaciones digitales. Estas difieren en tiempo de transmisión, demora y complejidad de conmutación.

En respuesta a estos requisitos, las administraciones de comunicaciones han desarrollado o están desarrollando las siguientes clases de servicios.

\* Línea dedicada. Este servicio puede ser analógico o digital. Una red analógica usa muchas de las técnicas de transmisión analógica convencionales y consecuentemente adolece de muchas de las limitaciones del sistema analógico conmutado. Las redes de línea dedicada mantienen la señal en forma digital a través del circuito.

\* Circuito analógico conmutado. Normalmente proporcionado por la red telefónica pública. Utiliza un disco de teléfono estándar para establecer un circuito en el sistema telefónico común.

\* Circuito digital conmutado. Este servicio proporciona únicamente circuitos "Full Duplex", punto a punto. Sus principales características son: bajos porcentajes de error, tiempo rápido de establecimiento de llamada y la estructura que facilita la determinación de tarifas de una red conmutada.

\* Conmutación de paquetes. Las redes de paquetes brindan un circuito virtual, es decir, un circuito que parece ser una

conexión punto a punto para un par de terminales. En realidad es un circuito compartido por muchas terminales mediante técnicas múltiples de división de tiempo, proporcionado por una transportadora de paquetes. Las redes de paquetes ofrecen únicamente dos servicios básicos de comunicación: (1) Llamada virtual, en la que se establece un circuito virtual temporal entre terminales (similar a una llamada de circuito conmutado) o (2) circuito virtual permanente, en el que las terminales están asociadas permanentemente por medio de un circuito virtual (similar a un circuito dedicado). En ambos casos, el usuario debe transmitir sus datos a la transportadora, que se conoce como paquete.

Las comunicaciones se brindarán en el futuro, al igual que ahora, por medio de la combinación de sistemas privados (dedicados), sistemas de red pública de valor añadido y transportadoras comunes. Fuera de los E.U. las administraciones de comunicaciones (ANTEL, INTEL, ENTEL, PTT, etc.) continuarán brindando el servicio de transportadora. Independientemente del relativo predominio de estos proveedores de comunicaciones, todos usarán la misma tecnología y básicamente brindarán los mismos servicios a los usuarios finales, siendo las únicas diferencias principales, el costo y el alcance del control de la transportadora.

Hoy en día, los servicios de transmisión se brindan a través de cuatro tecnologías principales. Estas son:

- Alambre.
- cable coaxial.
- Microondas y
- Fibras.

El alambre se usa para las velocidades menores de comunicación (hasta 1 Mbps), los enlaces por microondas y satélites proporcionan una diversidad de canales de alta y baja velocidad. El cable coaxial se ha usado ampliamente para televisión por cable y para lazos locales, para interconectar con canales de microondas de banda ancha y de satélite.

Los sistemas vía microondas son utilizados no solamente por transportadoras comunes para circuitos de larga distancia, sino también por grandes usuarios en un área limitada, como por ejemplo, una ciudad (redes metropolitanas).

Las ventajas principales de las comunicaciones vía satélite radican en los servicios de largo alcance con amplitud de banda ancha, en las que los satélites brindan menor costo y mayor confiabilidad. Estas tecnologías están razonablemente desarrolladas, aunque se siguen mejorando las aplicaciones, a excepción del alambre que no representa un potencial tanto para mejorar costos como rendimiento. La tecnología de la fibra óptica se está desarrollando rápidamente y se puede esperar un extenso uso en sistemas de E/S a computadora, y servi-

cio telefónico de corto alcance, limitándose por ahora a configuraciones punto a punto o con muy pocas ramificaciones.

Hay una fuerte tendencia hacia el uso de la transmisión digital y redes más rápidas de circuito conmutado. Existen además transportadoras de valor añadido, tales como Telenet, que hace uso de nuevos servicios digitales dedicados para servicios de conmutación de paquetes. Asimismo, existen desarrollos a nivel mundial que igualan o superan a los que se llevan a cabo en E.U.

En muchos lugares del mundo se están transformando líneas no conmutadas en transmisiones digitales. También está progresando la adición de servicios de conmutación rápida de circuitos y paquetes, en un gran número de países.

La conexión de terminales a las primeras redes digitales y a redes analógicas se realiza por medio de interconexiones en serie EIA RS-232 o "V" de CCITT, que se desarrollaron a principio de los años 60. Los circuitos y funciones RS-232 son generalmente equivalentes a las recomendaciones de interconexión V.24/V.28 de CCITT. Para permitir el establecimiento de llamada automática en redes de circuito conmutado, se completó el RS-232 con una interconexión de autollamada, RS-366 y V.24 con V.25.

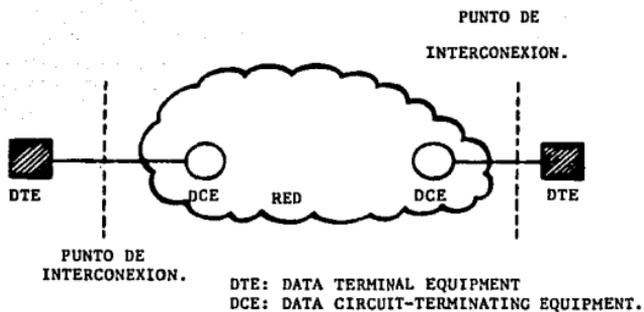
Durante el desarrollo de las nuevas redes conmutadas, se formuló un requisito para estándares de interconexión de terminales a red y el CCITT ha creado una serie de estándares recomendados, que se conocen por la serie "X" para la implementación de redes públicas digitales (figura 4.1). Las recomendaciones cubren métodos de conexión de terminales, procedimiento de control de enlace, transferencia de datos y servicio para circuito dedicado, de circuito conmutado y redes conmutadas de paquetes.

**X.3 Elemento de ensamblaje/desensamblaje de paquetes (PAD: Packet Assembler/Disassembler.** Es un módulo de software que convierte una secuencia de datos en su forma nativa, en paquetes. Típicamente reside en un nodo de la red.) en una red pública de datos para conexión con DTE (Data Terminal Equipment) asincrónicas.

**X.20 Interconexión para servicio start/stop en circuitos conmutados y circuitos dedicados que utilizan servicio punto a punto.**

**X.20 bis Proporciona una interconexión de DTEs para servicios start/ stop diseñados para la operación con módems que se ajustan a las recomendaciones de la serie V (EIA RS-232C) CCITT.**

**X.21 Interconexión de uso general para operaciones sincrónicas (interconexiones de circuitos conmutados).**



**Figura. 4.1** Recomendaciones de Interconexiones de la Serie X para Transmisión de Datos por Redes Públicas de Comunicaciones.

*X.21 bis Similar al X.21, pero está diseñado para interconectarse a modems sincrónicos de la serie V.*

*X.25 Interconexión para terminales que operan en el modo de paquete; paquetes de estándar X.21 han sido adaptadas según esta recomendación.*

*X.28 Describe la interconexión para las terminales de modo start/stop con acceso al PAD en una red pública de datos.*

*X.29 Describe el procesamiento para el intercambio de información de control y datos del usuario, entre un DTE X.25 y un PAD. Estas son complementarias de X.25.*

*X.75 Requisitos de interconexión para enlazar distintas redes públicas de datos.*

*Con el aumento de sistemas de computación y del número de usuarios potenciales, se llegó a la necesidad de un nuevo tipo de redes de comunicaciones. Al principio, las redes de área extendidas (WAN: Wide Area Networks, también conocidas como grandes de transporte) fueron un medio de conexión de terminales remotas a sistemas de computación. En estos sistemas de comunicación tan libre los dispositivos pueden funcionar como unidades independientes y se conectan por una red que cubre una gran área. Los medios de comunicación usados para la red pueden ser líneas telefónicas o cables tendidos específicamente para la red. La escala de redes de área extendida es ahora tan grandes que ya existen enlaces intercontinentales entre redes que usan la tecnología vía satélite.*

*Las velocidades requeridas para tales sistemas pueden ser bastante lentas. Como el tamaño de los mensajes suele ser grande, el tiempo para recibir el reconocimiento puede ser largo. Son típicas velocidades de red en el intervalo de 10 a 50 Kbps, con unos tiempos de respuesta del orden de algunos segundos. Se trata de redes de comunicación de paquetes que usan nodos de comunicación y el método de operación de almacenamiento y reenvío. Estos grandes sistemas mejoraron la confiabilidad y la disponibilidad desde el punto de vista del usuario, pero solían hacer un uso ineficiente del poder de computación y eran muy costosos. Un ejemplo clásico de red de área extendida es la red ARPANET, una red compleja y distribuida geográficamente que enlaza máquinas de diferentes tipos.*

## **4.2 REDES DE AREA LOCAL.**

*La cantidad de sistemas computarizados ha crecido debido a*

Los avances en microelectrónica, lo cual ha dado lugar a la necesidad de un nuevo tipo de red de computadores, llamada red de área local (LAN: Local Area Network). Las redes de área local se originaron como un medio para compartir dispositivos periféricos en una organización. A partir de esta primera aplicación se han usado para muchos propósitos, incluyendo las bases para sistemas de cómputo fiables y complejos en los cuales las tareas relacionadas con un computador central se distribuyen en varias máquinas más pequeñas. Como su nombre indica, una red local cubre un área geográfica limitada y su diseño se basa en un conjunto de principios diferentes de los de las redes de área extendida. Normalmente son redes de comunicación de paquetes, pero el enfoque de almacenamiento y reenvío generalmente no se usa, por lo que, no hay nodos de comunicación en estas redes, sino que el computador se conecta a la red por medio de un nodo de la red que realiza las funciones necesarias para que la computadora reciba y transmita los paquetes.

#### 4.2.1 DEFINICION DE LAN'S.

Experimentalmente nacieron en 1982, son sistemas de interconexión de estaciones de trabajo inteligentes con el propósito de compartir recursos.

Una red de área local, es una red de comunicación que están limitadas a un área geográfica pequeña. Interconecta computadoras, terminales y otros dispositivos digitales, dentro del sitio de una planta, las instalaciones de una universidad, un edificio de oficinas, etc.

Existen tres elementos significativos dentro de esta definición:

1. Una red local es una red de comunicación, no una red de computado ras.
2. Interpretamos de manera amplia la frase "dispositivos de comunicación de datos", para incluir cualquier dispositivo que se comunique a través de ellos incluyendo:
  - Computadoras,
  - Terminales,
  - Dispositivos periféricos,
  - Sensores (de temperatura, humedad, seguridad, etc.),
  - Teléfonos,
  - Transmisores y receptores de televisión, y
  - Facsímiles.

3. Desde el punto de vista geográfico se puede decir, que la red local está confinada a una área reducida, ya sea un edificio o varios edificios, tales como una universidad o una empresa, etc. Otra característica de las redes locales es de que éstas, en general, son privadas y no un servicio público.

Una red local se define como un sistema de comunicación intra-oficina, intra-edificio, intra-servicios, que apoya algún tipo de procesamiento de comunicaciones y transferencia de información transparente entre usuarios y/o dispositivos electrónicos. Hay dos cosas que una red no es: no es una red geográficamente dispersa (esta es la red de largo alcance), tampoco es un computador multiprocesador.

La figura 4.2 es la representación gráfica de una red genérica de computadoras locales. Este diagrama contiene la mayoría de los componentes importantes de una red local. Estos incluyen:

- \* **MEDIO DE LA RED (MN: Network Medium).** La vía para mensajes.
- \* **SISTEMA CONECTADO (AS: Attached system).** Los dispositivos que se comunican utilizando la red local.
- \* **INTERCONEXION DE LA RED (NI: Network Interface).** El enlace lógico entre el sistema conectado y el medio de la red. En muchos casos, la interconexión de la red tiene un papel importante en la administración de la red.
- \* **LLAVE DE PASO DE LA RED (NT: Network Tap).** El enlace físico entre la interconexión de la red y el medio de la red.
- \* **PASAJE DE LA RED (NG: Network Gateway).** Proporciona la capacidad de conmutación y conversión necesario en algunas topologías.
- \* **CONTROLADOR DE LA RED (NC: Network Controller).** El elemento de conmutación central o conversión necesaria en algunas topologías.

El los últimos años el costo de los dispositivos conectados a una red local ha descendido en forma espectacular, por lo que es deseable que el costo de conexión a la red baje. Como la red se puede utilizar para compartir dispositivos de almacenamiento de archivos o para la cooperación, en tiempo real, entre los procesadores que se encuentran en la red, se deben poder transmitir con rapidez grandes volúmenes de datos.

Como la interconexión entre los dispositivos de una red local normalmente son más frecuentes que las de una red de área extendida, el el tipo de respuesta que experimente el usuario debe ser menor que el de la red de área extendida. Las distancias que cubre una red local son relativamente pequeñas, y

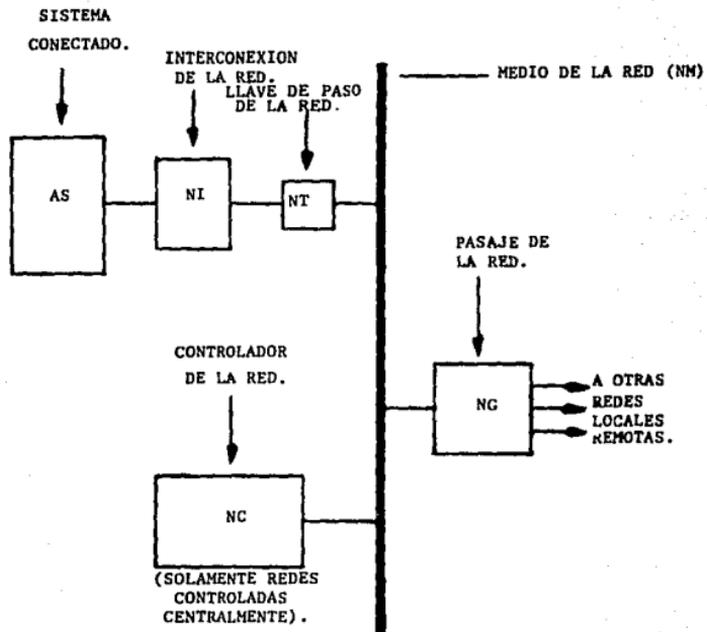


Figura. 4.2 Elementos de una red local genérica.

ello permite usar medios de comunicación de alto grado sin influir demasiado en el costo total del sistema. Esto significa que las velocidades a las cuales se transfiere la información pueden ser altas sin la costosa necesidad de fortalecer la señal que se transporta por la trayectoria de comunicación a intervalos frecuentes. Eso también reduce el costo de la conexión a una LAN. El tiempo de respuesta en una LAN también se reduce debido a que el tamaño de los datos transmitidos es mucho menor que el de los datos que se envían en una red de área extendida. La mayoría de las redes de área local actualmente operan a velocidades de hasta 10 Mbps en distancias inferiores a 10 Km.

#### **4.2.2 ESTANDARES DE ARQUITECTURA DE REDES.**

Quando la importancia de las redes fue evidente, se llegó a la necesidad de contar con un conjunto de estándares para definir cómo se realizarían tales sistemas. Dichos estándares simplificaron la tarea de interconectar redes producidas por diferentes fabricantes para formar grandes sistemas. Los estándares propuestos dividieron la arquitectura de una red en una jerarquía de niveles construidos uno sobre otro. Cada nivel sirve al nivel superior y a su vez utiliza el servicio que le da el inferior. Es importante que haya una interfaz bien definida entre cada nivel de la jerarquía.

Para el usuario que está en la cúspide de la jerarquía de la red, parece que la conversación con otro usuario tiene lugar por un enlace directo. De hecho, esta conexión virtual se produce a través de todos los niveles inferiores de la red. En cada nivel de la jerarquía hay una conexión virtual con el nivel correspondiente del interconector. El único nivel en el que hay un enlace directo es el inferior, en el cual hay un medio de transmisión físico que conecta el computador con la red. La aplicación de los niveles del protocolo en los diferentes computadores de la red no tiene que ser igual; el único requisito es que coincida la estructura de las interfaces entre ellas. También deben coincidir las técnicas utilizadas en las diferentes funciones del control de la red, como el control de errores, el control de flujo y las necesidades de almacenamiento temporal (buffering) de los nodos de la red.

#### **INTERCONEXION DE SISTEMAS ABIERTOS.**

El paso más divulgado hacia la estandarización de las redes

de computadoras fue la difusión del modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos (OSI: Open System Interconnection), por la Organización Internacional de Estándares (ISO). Este estándar define la estructura de una red como una jerarquía de siete niveles, cada uno de los cuales tiene una función bien definida.

El objetivo principal del estándar OSI es definir como se debe ver desde afuera en nodo de la red, es decir, desde otro nodo de la red. Esto permite la interconexión de redes que difieren en los aspectos de aplicación, organización interna y operación. A continuación, se da una breve descripción de los siete niveles del modelo OSI.

1. El nivel físico es en el que se lleva a cabo el intercambio de señales eléctricas que representan los datos y la información de control. Este nivel incluye la especificación de las características mecánicas y eléctricas de la conexión física. También se definen los procedimientos para establecer, mantener y liberar las conexiones entre los circuitos eléctricos que están enlazados por el medio de comunicación.

2. El nivel de enlace de los datos toma el sistema de comunicaciones a partir de los bits que da el nivel físico y le superpone y medio de transmisión de datos e información de control. El protocolo usado puede ser orientado a caracteres, donde se usan caracteres de control para delimitar los diversos campos del bloque básico de transmisión, o puede basarse en el significado posicional. En este nivel se realiza el conocimiento de la recepción de datos, así como el control de errores, con la posibilidad de retransmisión si es necesario. También puede estar presente en este nivel el control de flujo para evitar que los dispositivos más rápidos saturan a los más lentos.

3. El nivel de red toma bloques de datos del tamaño de paquetes del nivel de transporte y les añade información y encaminamiento que completan el paquete. La elección del algoritmo de encaminamiento es arbitraria, de modo que éste puede ser fijo o adaptable, en cuyo caso los paquetes se encaminan de acuerdo con las cargas actuales de tráfico en la red. El encaminamiento se puede limitar a una sola red o extenderse a la transferencia de paquetes entre redes interconectadas.

4. El nivel de transporte proporciona un servicio de transmisión y recepción de datos fiables al nivel de sesión. Los datos se transmiten de la manera más eficiente posible para las necesidades del nivel de sesión. Puede ser una conexión virtual libre de errores con reconocimiento para cada paquete a fin de asegurar el intercambio de datos. También podría ser un servicio de transmisión sin garantía de entrega y conveniente para cierto tipo de tráfico, voz digital, por ejemplo. El nivel de transporte toma los datos del nivel de sesión y los divide en parte del tamaño del campo de datos de un pa-

quete. Después pasa los bloques de datos al nivel de red.

5. El nivel de sesión establece, mantiene y termina una conexión con un proceso en un computador remoto. Este nivel debe dar un servicio fiable a nivel de presentación y tener la capacidad de restablecer una conexión en caso de que falle uno de los niveles más bajos de la jerarquía. Mientras se establece una conexión, el nivel de sesión debe poder negociar con la máquina remota ciertos parámetros de la conexión. Estos pueden incluir el tipo de comunicación que se empleará (Half Duplex o Full Duplex), cómo se va a controlar la integridad de la conexión y qué ((calidad de servicio)) esperan los usuarios de la sesión.

6. El nivel de presentación proporciona un conjunto de servicios que se pueden usar en el proceso de intercambio de datos a través de la conexión de la sesión. Los servicios pueden incluir, por ejemplo, compresión, traducción y cifrado de los datos.

7. El nivel de aplicación es el más alto en la jerarquía de la red. Es- te nivel del protocolo interactúa directamente con el software de aplicación que quiere transferir datos a través de la red. Los demás niveles de la jerarquía existen con el único propósito de satisfacer las necesidades de este nivel y ocultan las características físicas de la red subyacente.

Es importante tener en cuenta que el estándar OSI sólo es un modelo. Muy pocas redes locales se ajustan estrictamente a la estructura de siete niveles. En algunos casos faltan niveles, debido a que no son necesarias en la aplicación, y en otros, las funciones normalmente asociadas con un nivel se pueden aplicar en niveles diferentes.

#### 4.3 CLASES DE LAN'S

Básicamente existen tres tipos de soluciones en redes locales:

\* **Redes de propiedad de un proveedor.** Son aquellas desarrolladas por un proveedor de equipos de computación, para soportar la distribución geográfica u organizacional de sus equipos de cómputo. Surgen como complemento del concepto de descentralización administrativa del procesamiento de datos.

\* **Redes estándares.** En estos casos la red no es diseñada para interconectar los equipos existentes sino que son estos los

que se diseñan de modo que conformen los estándares especificados por el productor de la red.

\* *Redes de aplicación universal.* Esta clase de redes son un compromiso entre las dos primeras; tratan de proveer un medio (lógico y físico) de comunicación entre componentes de distintos proveedores (este es su aspecto "estándar"). Pero a diferencia de la segunda clase, el uso de estas redes no implica el pago de una licencia a su inventor. Este construye interconexiones para una gran diversidad de equipos, para que "cualquier" usuario tenga la posibilidad de integrarse a la red. Estas piezas de interconexión suelen ser programables para adaptarse a situaciones de códigos y protocolos necesarios.

#### **4.3.1 CARACTERISTICAS DE LAS LAN'S**

Hay varias características que distinguen a las LAN's de los otros tipos de redes mencionados. Es su tamaño lo que les da el nombre, pero hay otras características que se pueden considerar típicas de las LAN y que se analizan en las siguientes secciones.

#### **TAMAÑO**

El tamaño de una LAN es normalmente el de la organización que la usa. Por lo general, las LAN's son redes privadas que se instalan para atender las necesidades de un solo grupo de personas y la gama de tamaños lo refleja. La aplicación más pequeña puede ser en una clase en la que se utiliza una LAN para compartir los dispositivos periféricos entre varios microcomputadores educacionales, en cuyo caso la LAN puede no tener más de 50 m de largo. Una aplicación de tamaño medio podría ser en un edificio de oficinas, donde se conectan procesadores de texto y microcomputadores de habitaciones situadas en distintos puntos. En este caso se pueden usar unos cuantos kilómetros de cable, aunque no haya conexiones separadas más de 100 m. La aplicación más grande podría ser en un lugar diseminado, como el campus de una universidad o una planta industrial. Aquí, varios edificios estarán conectados sobre un área de 5 Km. de diámetro. En esta situación la LAN podría ser de 10 a 20 Km de longitud, que se puede considerar el límite superior para la tecnología actual. En los dos últimos casos es posible que haya un enlace de la LAN a una red de área extendida para permitir a cualquier usuario de la LAN

tener acceso al mundo exterior.

## **COSTO**

Debido a que muchas aplicaciones de las LAN involucran sistemas de microcomputadoras de bajo costo, es deseable que la conexión de tales sistemas a la LAN sea económica. El costo del hardware de la conexión a una LAN fluctúa entre 10 y 1000 dólares. Con la primera suma se consigue una pequeña cantidad de circuitos integrados en la etapa de diseño que se colocan dentro de la microcomputadora, formándose una LAN limitada, pero no menos efectiva, para usar en distancias cortas y a velocidades modestas. Con la última suma se consigue una caja de conexión a la LAN para muchos de las computadoras actualmente en uso, y permite la conexión a una LAN de alta velocidad. Por tanto, el costo de conexión a una LAN puede ser apropiado al tipo de computadora que se conecta y una buena inversión en vista de los beneficios que se obtienen.

Otro factor que influye en el costo de la LAN es el cableado que hay que instalar. Aquí se tiene que considerar el costo del cableado y el de la instalación. Muchas LAN usan cables baratos, como los de par torcido telefónicos. El costo de la instalación variará con el lugar, pero en muchos casos es posible tender los cables en los conductos existentes con un costo bastante reducido.

## **VELOCIDAD.**

Las velocidades de transferencia de datos de las LAN actuales son muy variadas la transferencia de datos más lenta es de menos de Kbps, mientras la más rápida llega a los 100 Mbps. Hay algún solapamiento con los extremos de las redes de área extendida y en los sistemas fuertemente acoplados. También se deben considerar otras características relacionadas con la velocidad. Probablemente la más importante de éstas sea el retardo, que es el tiempo que transcurre entre el envío y la recepción de un paquete. El retardo de una LAN normalmente es pequeño, entre 10 y 100 microsegundos; es más rápido que una red de área extendida, pero más lento que un sistema fuertemente acoplado la razón principal de que haya un retardo pequeño es que la LAN no realiza ningún almacenamiento temporal dentro de ella. Los paquetes normalmente viajan de la fuente a su destino sin pasar a través de ningún tipo de nodo de conmutación. Otra razón es que la velocidad de transferencia de datos es alta y las distancias son cortas.

## **SIMPLICIDAD**

*Este es un título un tanto subjetivo que se manifiesta en las LAN de varias maneras. La primera es la forma de la red. El patrón de conexiones en una LAN normalmente es un forma topológica simple, como un anillo o un árbol, y esto tiene implicaciones en el encaminamiento de los paquetes sobre la LAN. Por lo general, significa que no es necesario ningún encaminamiento, pues todos los dispositivos conectados a la red ven cada paquete que se transmite.*

*La topología simple también facilita la solución de otro problema. En topologías más complicadas podría haber contención para un enlace dentro de la red. Esto suele resolverse con almacenamiento temporal dentro de la red y alguna inteligencia asociada para controlar el acceso al enlace. Como ya se ha mencionado, esta función la realizan los dispositivos conocidos como nodos de conmutación. Las LAN no tienen tales dispositivos, realizándose la contención y el almacenamiento temporal dentro de los adaptadores de las computadoras a la LAN, y no en la propia red.*

## **TASA DE ERRORES**

*Como las distancias cubiertas por una LAN son pequeñas y se pueden usar cables de una calidad razonable sin incrementar el costo, es usual que la tasa básica de errores en un bit de los cables de la LAN sea baja. Un cable corto significa baja atenuación, por lo que la razón señal/ruido en los circuitos receptores será buena. Una tasa de error de un bit cada  $10^7$  se considera aceptable, y en una medición práctica de una instalación típica se ha obtenido una tasa de error de 1 cada  $10^{11}$  (Dallas, 1980). La baja tasa de error de las LAN tiene implicaciones en los aspectos de recuperación de errores de los protocolos de las LAN.*

## **PROTOCOLOS DE REDES LOCALES**

*Las redes locales proporcionan un sistema básico de transmisión para transportar, en paquetes, pequeñas cantidades de información de un nodo de la red a otro. La red procurará entregar los paquetes a su destino correcto, pero rara vez garantizará su llegada.*

*Los datos que transportan los paquetes normalmente son parte de mensajes que se transfieren entre usuarios de la red. Algunas veces los mensajes son pequeños y caben en un solo paquete, pero otras veces son tan grandes que hay que dividirlos en varios paquetes. Con frecuencia, se pasan mensajes en-*

tre pares de computadoras que están en un diálogo. En este caso una secuencia de paquetes que conforman un mensaje fluirá de una computadora a otra y luego otro mensaje se pasará en la dirección inversa. El diálogo continúa con el paso de mensajes de ida y vuelta. El proceso del usuario en el computador esperará ver las transacciones como el envío de mensajes completos y libres de errores. La función del protocolo aplicado en la cúspide del sistema de transmisión de la red es proporcionar este servicio.

Para realizar esta función, el controlador del protocolo toma mensajes completos del proceso del usuario y los divide en unidades de transmisión apropiadas y definidas por el tamaño del paquete de la red. A continuación transmite cada unidad de acuerdo con el método de acceso de la red. Normalmente, el controlador del protocolo se aplica en software, pero es posible aplicarlo en hardware para protocolos muy simples. Cuando se ha transmitido un mensaje, el sistema de protocolo de recepción debe informar al sistema de protocolo de transmisión si la transferencia ha tenido éxito o no. El sistema remoto realiza lo anterior, transmitiendo reconocimientos a la fuente de los mensajes. Normalmente, el reconocimiento dice que los datos han sido recibidos sin error, pero también se puede dar otra información, como si el receptor todavía tiene buffers disponibles. En algunos casos puede darse un reconocimiento negativo, indicando que el receptor ha recibido algunos o todos los mensajes y ha encontrado algún tipo de error en ellos. Esta forma de reconocimiento se interpreta como una petición para retransmitir el mensaje.

En algunas redes se ha incluido un esquema simple de reconocimiento en el sistema básico de transmisión de la red. Como los paquetes siempre regresan a su fuente en el sistema, el transmisor puede investigar si la recepción ha tenido éxito en el destino.

El uso de números de secuencia es una herramienta poderosa que ayuda a mantener el orden correcto de los paquetes cuando es posible que se pierdan en la red. Cada paquete lleva un número pequeño que se incrementa en los paquetes sucesivos. Por tanto, un receptor espera encontrar una secuencia de números que se incrementan en los paquetes que llegan. De lo contrario, se supone que se ha perdido un paquete, y los dos participantes deben realizar alguna acción para volver el camino de nuevo.

Cualquiera que sea el protocolo que se use en una red de área local, será importante contar con un mecanismo de detección de errores. Este se usa para detectar varios niveles de errores en bits, dependiendo de la complejidad de la técnica utilizada. La mayoría de las redes incluyen algún grado de detección de errores en el nivel de paquetes, el cual va de un simple bit de paridad hasta un campo de suma de verificación de 32 bits, que se calcula sobre el contenido del pa-

quete. Dependiendo del control de errores en el nivel de paquetes, habrá también mecanismos de detección de errores utilizados en niveles más altos de protocolo. Si el resultado de una verificación de errores es negativo, entonces el computador receptor no confirmará la recepción del mensaje. En algunos protocolos, el computador receptor no responderá de ninguna manera, aguardando a que termine el tipo de espera del transmisor para que transmita los datos. En otras ocasiones el receptor enviará un reconocimiento negativo a la fuente, pidiéndole así que retransmita los datos.

Otra tarea importante que realiza un protocolo es evitar que un transmisor de alta velocidad sature un receptor lento. Igualmente, otros usuarios de la red deben estar protegidos de los efectos de la degradación del rendimiento cuando un dispositivo rápido intenta hacer esto. Para ello es necesario el control del flujo; una parte importante del mecanismo es que los dispositivos correspondientes coincidan en el máximo tamaño de los datos que se pueden transmitir antes de llegar a un acuerdo explícito para recibir más datos.

## USOS DE LAS LAN'S.

Las redes de área local se pueden usar dondequiera que se necesite el intercambio de información entre grupos de dispositivos a distancias modestas. Esto significa que son apropiadas para usarse en la mayoría de los centros de actividad humana, como la industria, los negocios, las escuelas, los hospitales y el hogar. Una aplicación típica de las redes locales es en la "oficina electrónica". En los negocios, donde normalmente circulan grandes cantidades de información en forma de documentos en papel, hay una gran oportunidad de racionalización. Esto podría ocurrir en cualquier etapa del uso de la información escrita se llevaría a cabo en forma similar a la que se crea en una oficina no automatizada mediante un teclado. Sin embargo, el uso de procesadores de texto incrementa la eficiencia en la corrección de errores y la generación de múltiples copias. Una vez que el texto se ha incorporado por la consola del procesador de texto, se puede imprimir o archivar localmente, por ejemplo, en un disco flexible. No obstante, si el procesador de texto está integrado a un sistema de oficina completo, será posible transportar la información por toda la organización con un simple mandato. Por tanto, la información estará disponible cuándo y dónde sea necesaria. Cuando se ha terminado el uso inmediato de un trabajo en papel, éste normalmente se archiva, lo cual origina la ocupación de grandes cantidades de valioso espacio de oficina. El uso de dispositivos de almacenamiento de alta densidad para mantener la información una vez que ésta ha sido convertida a la forma digital, propiciaría un mejor aprovechamiento del espacio.

Las redes locales se aplicarán en la industria. Las industrias de fabricación deben adaptarse rápidamente para aprovechar el incremento de la eficiencia obtenible con la instalación de sistemas automáticos de producción o robots. Las generaciones actuales de robots de fabricación son sistemas cerrados, cuyo repertorio se limita a realizar una sola tarea; por ejemplo, la soldadura de la carrocería de un coche. A medida que crezca la complejidad de los sistemas robóticos, un robot podrá realizar toda una gama de tareas. Cuando esto suceda, será necesario interactuar con el robot para darle instrucciones u obtener información de él. De la misma manera, dentro del área de aplicación de la industria, las redes locales se pueden usar en las tareas de control. En un ambiente de control industrial puede haber cientos de dispositivos que tienen que ser constantemente supervisados a fin de que un proceso se adapte a los cambios de condiciones. La red local es ideal para recopilar la información y proporcionar los datos de control en tales situaciones.

#### 4.4 TOPOLOGIAS DE LAS LAN'S

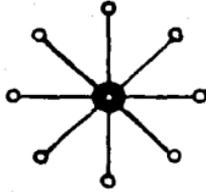
La topología de una LAN normalmente es una descripción del cableado que conecta los nodos de la red. Sin embargo, no siempre describe el camino que toman los paquetes cuando viajan por la red. Las topologías empleadas por las LAN suelen ser simples e incluyen anillos, estrellas y canales. Esto contrasta con las topologías de las redes de área extendida, que suelen ser bastante más irregulares. Actualmente, las topologías más usadas por las LAN son la de canal y la de anillo; la razón de su preferencia es que ambas son bastante sencillas de aplicar. Los anillos y canales sólo requieren un tipo de nodo sobre la red. Este nodo sirve para conectar los dispositivos y nodos de comunicación para el encaminamiento de los paquetes. En la figura 4.3 se muestran ejemplos de topologías de red.

##### 4.4.1 TOPOLOGIA DE CANAL (BUS).

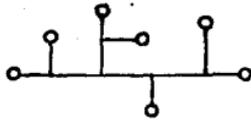
En ésta, la más sencilla de las topologías de LAN se usa un medio de comunicación común al cual se conectan todos los nodos de la red. La conexión en el nivel físico es tan simple que sólo hay que conectar el dispositivo al medio. Normalmente, el canal se halla en estado «pasivo», esto es, no contiene cableado activo para aplicar las señales. Esto significa que los canales son inherentemente fiables, pero han de tener longitud limitada, ya que los transmisores deben po-

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

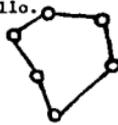
(a) Estrella simple.



(c) Línea común.



(b) Anillo.



(d) Malla.

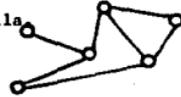


Figura. 4.3 Topologías de LAN.

der enviar la señal a lo largo de todo el canal. Cuando se coloca un paquete en el canal, lo ven todos los dispositivos conectados a él. Desde el punto de vista de la interconexión de dispositivos e instalación de la red, los sistemas de línea común suelen ser más sencillos que otras topologías.

Los sistemas de canal se han diseñado y aplicado usando una gran variedad de medios de comunicación; tanto los tipos de cables (coaxial, par torcido) y atmosféricos, son apropiados para utilizar como canales.

En los sistemas de canal también se usa una gran variedad de métodos de acceso. Un sistema es la técnica de difusión aleatoria, donde cada dispositivo intenta transmitir tan pronto como tiene datos disponibles. Este es un esquema atractivo, ya que no es difícil de aplicar. Como resultado de la estandarización en el Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) y la European Computer Manufacturer's Association (ECMA), también se ha conseguido una arquitectura para un sistema de canal que usa el protocolo de acceso por señal de permiso (IEEE, 1982). Esta arquitectura se considera una combinación de las mejores características del protocolo de acceso por señal permiso en anillo con la modularidad y fiabilidad de los sistemas de canal.

#### 4.4.2 TOPOLOGIA DE ANILLO.

Una red en anillo contiene un medio de comunicación cerrado. Los datos fluyen sólo en una dirección alrededor del anillo, y los dispositivos conectados al anillo pueden recibir datos de él. Para transmitir, es necesario que el dispositivo interrumpa los datos del anillo para poder introducir los suyos. Normalmente, los anillos son «activos», esto es, incluyen circuitos regeneradores que deben operar continuamente. Esto significa que los anillos se pueden extender a cualquier tamaño si tiene suficientes circuitos regeneradores o repetidores.

Cuando un paquete se transmite por un anillo, éste circulará indefinidamente si no se quita. En algunos sistemas de anillo el paquete es eliminado por la fuente, y en otros, por el destino. Cualquier paquete que se transmita puede ser visto por todos los nodos de la red, con lo que es posible transmitir datos a varios nodos con un solo paquete. Esto normalmente se hace reservando una dirección particular de la red que reconozca todos los nodos.

Los sistemas de anillo tienen ventajas sobre los sistemas de canal en lo que se refiere a las técnicas de acceso a la red.

*En algunos sistemas de canal siempre se corre el riesgo de tener que abortar una transmisión debido a que un paquete ha chocado con otro transmitido por otro dispositivo. Con los sistemas de anillo hay una manera de controlar la transmisión de paquetes, con lo que garantiza el éxito.*

*Parece que un sistema de anillo tiene una fiabilidad pobre debido a que un fallo en un elemento del anillo inutilizaría toda la red. Esto se puede resolver incorporando un anillo paralelo de respaldo. Estas técnicas no son apropiadas para anillos con pocos nodos, ya que la probabilidad de error de las unidades de configuración es mayor que la probabilidad de incrementar la fiabilidad de la red. Se han propuesto otros esquemas basados en el control continuo de rupturas y fallas temporales. En cualquier caso las fallas en los anillos son raras en la práctica, y normalmente serán menos serios que un desperfecto en un sistema centralizado, en relación con la localización de la falla y los tiempos de reparación.*

#### **4.4.3 REDES EN ESTRELLA Y ARBOL.**

*Aun que es frecuente mencionar la topología en estrella cuando se habla de topologías de LAN's, ésta no es muy usada. Una red en estrella emplea un nodo central de conmutación al cual se conectan todos los nodos de la red por medio de enlaces bidireccionales. Para transmitir un paquete, un nodo de la red lo manda al conmutador central, donde es posible tener varios esquemas de envío. El más simple consiste en que el nodo emita el paquete por todos sus enlaces, y de esta manera el paquete alcanzará su destino. No obstante, si varios nodos intentan transmitir al mismo tiempo, el conmutador debe arbitrar entre ellos para que sólo tenga lugar una transmisión a la vez.*

*La aplicación de una red en estrella es un problema si sólo se emplea un conmutador, pues es probable que el número de enlaces que puede soportar esté fijado con anterioridad. De esta manera, para poder crecer se debe adquirir un conmutador con más enlaces de los que se necesitan inicialmente. Esto significa que el desembolso inicial es grande y que en el futuro se deban calcular de manera precisa los requisitos de la red. Un esquema alternativo es tener conmutadores de tamaño limitado y permitir que se conecten no sólo con nodos de la red, sino con otros nodos de comunicación como en la figura 4.4 Esta configuración se conoce como estrella multiconmutada (o árbol) y tiene la ventaja adicional sobre una estrella de un solo conmutador de usar una parte bastante menor de los medios de comunicación. La configuración de estrella multiconmutada se ha empleado por algún tiempo en redes de área*

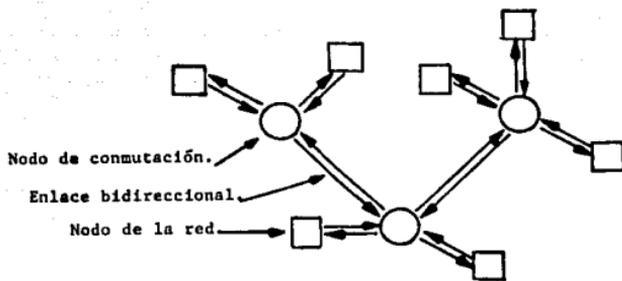


Figura. 4.4. Red de estrella multiconmutada.

extendida o de largo alcance, usando los conmutadores para almacenamiento y reenvío.

Aunque no son comunes las LAN's en estrella, hay muchos tipos diferentes de LAN's que se hacen parecidas a estrellas. La razón de esto es que resulta muy valioso tener todos los enlaces concentrados en un mismo punto para el mantenimiento de la red. En particular, muchas redes en anillo usan este esquema porque permite, de una manera simple, saltar con facilidad un nodo averiado haciendo un puente en el centro de la estrella.

#### **4.4.4. TOPOLOGIA DE MALLA.**

Las topologías mencionadas hasta ahora pueden considerarse como un caso particular de una topología de malla. Las redes de malla permiten redundancia, ya que puede haber más de un camino para los paquetes entre dos nodos de la red. Por esta razón las redes de área extendida se basan en una malla para poder aplicar las mallas en las redes locales, los nodos de conmutación no deben operar según el principio de almacenamiento y reenvío, ya que aumentaría el retardo de la red.

#### **MÉTODOS DE ACCESO PARA REDES EN LÍNEA COMÚN (BUS).**

Cuando una fuente transmite por una red en línea común, sus señales las oyen todos los demás dispositivos conectados a la línea común. Se desprende de ello que sólo se puede permitir la transmisión a un dispositivo de cada vez, ya que si dos dispositivos transmiten simultáneamente, sus señales se interferirán y serán ilegibles. La línea común no necesita ser un medio físico, como un cable; las primeras redes en línea común usaron como medio los canales de radio.

Los métodos de acceso más comunes para las redes de difusión se denominan de acceso aleatorio. En ellos, el control de si se puede realizar una transmisión, se distribuye entre los nodos conectados a la red. Cuando un dispositivo decide transmitir, lo hace esperando ser el único dispositivo transmisor sin que ningún otro lo interrumpa. Si el nivel de tráfico en la red es bajo, la probabilidad de que un dispositivo quiera transmitir al mismo tiempo será suficientemente pequeña para confiar en que la transmisión tendrá éxito. Se dice que ocurre una colisión de paquetes cuando un nodo co-

mienza una transmisión mientras otro está en marcha; esto puede causar la corrupción de los datos de los dos paquetes. Cuando ocurre una colisión, debe ser responsabilidad de los dos nodos detectarla y cesar la transmisión. Es posible que una colisión de paquetes sólo pueda ser detectada por el nodo receptor usando procedimientos de verificación de errores en el paquete entrante. En este caso corresponde al protocolo de mayor nivel que se utiliza, por ejemplo, un reconocimiento o un tiempo de espera, iniciar una retransmisión. Cuando el nodo transmisor detecta una colisión, debe cesar la transmisión. La longitud de este tiempo de espera debe ser diferente para cada nodo de la red, a fin de evitar la posibilidad de una segunda colisión. Una solución razonable, cuando ocurre una colisión, es generar aleatoriamente el tiempo de espera.

Las redes de difusión con un nivel de tráfico más alto y, por tanto, con una probabilidad mayor de colisión de paquetes, emplean técnicas diseñadas para reducir la necesidad de transmitir. Cuando el retraso de difusión o lo que tarda en propagarse entre la fuente y el destino es pequeño en relación con el tamaño del paquete, se usa una técnica llamada acceso múltiple con detección de portadora (CSMA. Carrier Sense Multiple Access), para incrementar el uso de la línea.

EN el CSMA se sondan el canal de difusión (bus) antes de intentar una transmisión, y si ya se está utilizando, la transmisión se suspende momentáneamente. Si se detecta que el canal está ocioso, entonces se realiza la transmisión. cuando se inicia una transmisión, el paquete es vulnerable a una colisión durante un tiempo igual al retardo de propagación entre los dos puntos más distantes de la red y para tener la seguridad de que no ha habido colisión, debe pasar al menos el doble del tiempo de propagación de la señal de extremo a extremo.

En algunos modelos de este método de acceso una colisión es detectada por los paquetes y se retransmiten después de que cada nodo ha hecho una pausa para un retardo de desconexión. Este método de acceso, CSMA con detección de colisiones (CSMA/CD), es la base de la transmisión en el sistema ETHERNET que se describe más adelante. Una vez, establecida la transmisión continúa sin interrupción.

La restricción de múltiples transmisores potenciales de las redes de difusión puede dar lugar al empobrecimiento de las características de operación conforme crece la intensidad del tráfico. La probabilidad de colisión de paquetes aumenta a medida que aumenta la cantidad de nodos que intentan transmitir. Cuando ocurre una colisión, abortan ambas transmisiones y el uso de la línea común es cero durante el periodo de tiempo entre el comienzo de la primera transmisión y el fin de la colisión. En estas condiciones de sobrecarga, cada transmisión podría acabar en colisión, y si no se cuida la clasificación de las retransmisiones resultantes, el uso

de la línea puede caer a un nivel inaceptablemente bajo.

Hay varias técnicas de difusión que intentan resolver los problemas de inestabilidad que surgen en condiciones de sobrecarga de la red. Estas entran en dos categorías:

- *Sistemas de control dinámico.* Requieren que cada usuario se encargue de prevenir la saturación de la línea común cuando la cuenta de los paquetes alcanza un nivel predeterminado.

- *Esquema de reserva.* Implica un transmisor de exploración que manda un paquete de reserva de línea común a un dispositivo central de control. Como se requiere un número extra de paquetes para reservar el canal, este esquema es apropiado para sistemas donde los mensajes típicos sean suficientemente grandes para ocupar varios paquetes.

El principio de una red en línea común de señal se parece al de anillo de señal en que sólo el dispositivo que tiene la señal puede transmitir. Sin embargo, hay diferencias en la forma de trabajar el protocolo, y en particular en la manera en que se pasa la señal. Como no hay un lazo físico, como un anillo, en el cual la señal se pueda pasar de un nodo a otro relacionado lógicamente. Por ejemplo, el esquema más popular es que un nodo pase la señal al nodo con la siguiente dirección más alta. Esto continúa hasta que el nodo con la dirección más alta ha tenido la oportunidad de transmitir, punto en el cual el lazo lógico envuelve al nodo con la dirección más baja.

El esquema de línea común de señal proporciona el acceso ordenado del anillo de señal, pero a un precio. En un anillo la señal siempre pasa al nodo siguiente al rededor del lazo, que normalmente será el nodo físico más cercano. Sin embargo, con la arquitectura de línea común de señal, las direcciones se distribuyen al rededor de la red y la señal libre tendrá que recorrer, en promedio, una distancia mayor para llegar al siguiente nodo del lazo lógico.

#### 4.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

Las redes locales de comunicaciones de alta velocidad brindan a los usuarios nuevos enfoques para la confección de redes, tales como la especialización de las funciones de varias computadoras. Por ejemplo una organización tiene varios computadores y no todas son del mismo fabricante. Una de ellas tiene una base de datos a la que constantemente accesan muchas sucursales de la organización que además la actualizan. La configuración clásica requería que todos los trabajos en

lotes que afectaran o usaran la base de datos accederán un módulo de teleprocesamiento instalado en dicha máquina. Este única máquina pronto resultaría enorme para manipular sólo todas las funciones de procesamiento no relacionadas directamente con el acceso de la base de datos.

La configuración de redes locales podría solucionar este problema colocando en otra máquina un módulo destinado a recibir solicitudes de servicio de base de datos por la red local. Este software manejaría con mayor eficiencia las solicitudes de datos, el acceso a las bases de datos y devolvería los resultados por la red local. Aplicaciones tales como consultas en línea podrían acceder la base de datos por la red local en el mismo momento que podrían acceder a la base de datos que se encuentra en la computadora en línea. Los programas en lotes pueden realizar voluminosas actualizaciones de base de datos por la red local, debido a que la transmisión de la red frecuentemente es tan rápida como los periféricos locales. La máquina donde residan las bases de datos, no sola mente puede ser mucho más pequeña debido a sus reducidos requisitos de procesamiento, sino que aún la administración de la base de datos esta centralizada en una única computadora.

La red permite un tipo de procesamiento distribuido que difiere del estándar para la industria. En lugar de encauzar los núcleos de procesamiento lejos de la Unidad Central de Procesamiento (UCP), convierte un grupo básicamente autónomo de la Unidad Central de Procesamiento (UCP), en módulos de un sistema integrado que invierte la complejidad administrativa de los sistemas distribuidos. Debido a que las aplicaciones y los datos se pueden administrar en forma central, el usuario tiene un mayor control sobre los servicios de procesamiento de la organización.

Como las redes locales están comprendidas en las comunicaciones de datos, parecería que muchos de los puntos que deben considerarse para el desarrollo de una arquitectura tradicional de confección de redes, deben igualmente tenerse en cuenta para este medio. Esto es verdad. Por ejemplo, el concepto de Ethernet puede dividirse en concepto de protocolo en niveles, que es propio de todas las arquitecturas (figura 4.5). Los dos niveles más bajos, el Nivel de Enlace de Datos y el Nivel Físico, hacen que sus protocolos de nivel intercambien datos entre las conexiones de la red por el cable.

En cada red, el nivel de control de enlace organiza un mensaje haciendo posible su transporte en forma transparente. Todos los demás protocolos de comunicaciones de alto nivel, tales como establecimiento de sesión, son exclusivos de los vendedores y constituyen estrictamente un tema para acordar entre las aplicaciones de comunicaciones.

Con el fin de aprovechar al máximo las comunicaciones cable-bus, muchos vendedores y organizaciones de estándares es-

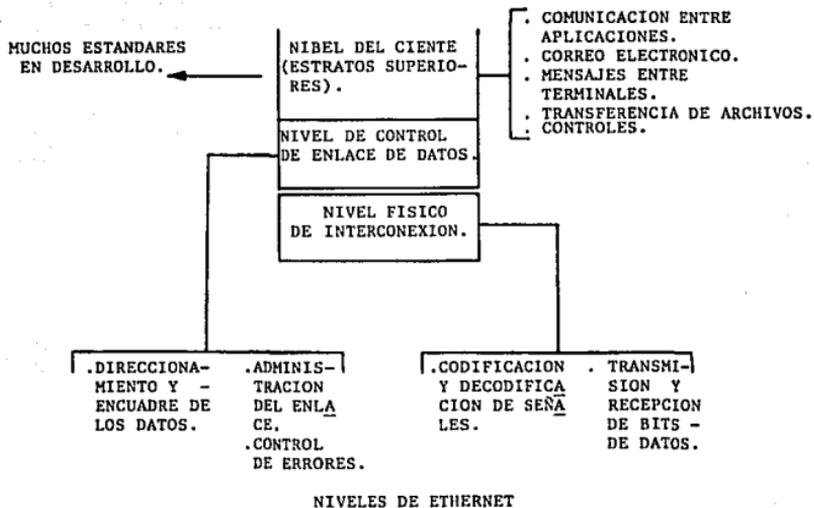


Figura. 4.5 Niveles de redes locales.

tán desarrollando más protocolos estándares de alto nivel, incluyendo niveles de transporte de red, de extremo a extremo, de sesión y de presentación. Como estos protocolos de alto nivel en general no resultan afectados por la particularidad del medio de transmisión, no existen razones por las cuales los protocolos estándares de alto nivel usados en muchas redes conmutadas de paquetes de largo alcance, no puedan implementarse en las redes locales; esto facilitaría la interconexión entre redes de largo alcance y locales. Esto se realiza actualmente a través de un traductor de protocolo, que permite que cada subred tenga espacio de direcciones y protocolo de enlace independientes. El mensaje intrared es desglosado y reorganizado antes de ser enviado. Debido a que la estructura del protocolo puede resultar completamente diferente en la otra red, es necesario suministrar transporte, así como la traducción del protocolo de alto nivel en el pasaje intrared.

Las redes de área local son muy confiables y capaces de resistir fallas. La pérdida de cualquier sistema tiene consecuencias mínimas, ya que los sistemas claves pueden ser hechos redundantes, de tal manera que se pueda compensar la pérdida ocasionada. Otro elemento de gran importancia es la capacidad de evolucionar. En una instalación centralizada de tiempo compartido, todo el procesamiento de datos está en uno o en pocos sistemas. al actualizar el hardware y renovar las aplicaciones de software existe el riesgo que, el reprogramar dichas aplicaciones, éstas ya no funcionen correctamente.

Con una red de área local es posible el reemplazar las aplicaciones o los sistemas gradualmente. Otra faceta de esta ventaja de que el equipo arcaico, que ya tiene una aplicación funcionando puede quedarse en el sistema si el costo no se justifica para trasladarlo a equipo más moderno. Una red de área local provee la ventaja de poder conectar dispositivos de diferentes fabricantes, cosa que da mayor flexibilidad.

Es probable que los datos se encuentren distribuidos en una red local o que por lo menos los accesos a éstos sean posibles desde múltiples fuentes. Esto trae como consecuencia problemas sobre la integridad de los datos; por ejemplo, dos usuarios tratando de actualizar una base de datos al mismo tiempo, seguridad de los datos y privacidad.

Las redes de área local no garantizan la interoperabilidad, esto es, que los dispositivos de distintos fabricantes, pueden ser usados de manera conjunta. Dos procesadores de textos de diferentes fabricantes pueden ser añadidos a una red local, pero es seguro que emplearán diferentes formatos para sus archivos y caracteres.

Uno de los principales problemas para los diseñadores de software de aplicación para redes es la variedad de microcomputadoras que pueden conectarse a una red y que hacen difícil

que un programa corra en todos los nodos.

## CONCLUSIONES

El software (que está y que se escribirá) que aproveche las ventajas del poder de procesamiento distribuido y capacidad de compartir recursos de las redes de área local tendrá una ventaja comercial competitiva sobre el software para computadoras personales en los próximos años.

En conclusión, la confección de redes de área local continuará creciendo al igual que la tecnología empleada para la transmisión local. Todo equipo en una oficina destinado a la comunicación de datos finalmente se encontrará conectado al bus local. Al mismo tiempo, el bus local estará conectado a redes de largo alcance, tanto públicas como privadas. Se requiere el desarrollo de una arquitectura válida para asegurar la integración adecuada de los componentes en una forma eficaz.

### 4.6 RED ETHERNET.

Ethernet es una red del tipo de banda base diseñada en el Xerox Palo Alto Research Center (Metcalfe y Boggs, 1976). Se trata de una red de difusión de tipo de línea común, cuyo medio de transmisión es un cable coaxial llamado Ether. Ethernet se diseñó como un sistema de comunicaciones apropiado para que se basaran en él sistemas distribuidos de computadoras. Su procesador, Aloha (ver capítulo 1, punto 1.5), influyó en el uso de un método de acceso de difusión. Sin embargo, los diseñadores de Ethernet partieron de un esquema únicamente de difusión e intentaron hacer la red lo más eficiente posible reduciendo el ancho de banda desperdiciado por las colisiones de paquetes. De ahí que se haya usado el método de acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisiones CSMA/CD (Carrier-Sens, Multiple Access with Collision Detection). En este esquema, un transmisor potencial escucha al medio de comunicación para determinar si ya hay una transmisión en la red. Si Ether está en silencio, entonces se realiza la transmisión aunque sin ninguna garantía de éxito. Como hay una probabilidad finita de que otra estación comience una transmisión al mismo tiempo, puede ocurrir una colisión. El período de tiempo crítico durante el cual puede ocurrir una colisión es igual al retardo de propagación de extremo a extremo del Ether. Cuando ocurre una colisión, ésta se detecta por un circuito en cada nodo transmisor y se abor-

tan los paquetes, dejando la red en silencio. Para que este esquema funcione es necesario que el paquete más corto sea suficientemente grande para alcanzar toda la red. Así a medida que aumenta el tamaño de la red, también debe aumentar el tamaño mínimo del paquete. Como sólo hay una gran probabilidad de que un paquete sea entregado una vez iniciada la transmisión. Ethernet se considera como una red probabilística.

El CSMA/CD es un ejemplo de método de acceso con control descentralizado. Se pretendía que la operación de la Ethernet no dependiera de un servicio de control centralizado que asignara el ancho de banda del sistema a otros nodos. No hay una estructura de control impuesta en el Ether, éste es un medio de comunicación puramente pasivo. Por tanto, el control de la red se distribuye a través del sistema. Un fallo en una sola estación podría abatir el sistema; como esto dejaría inoperable a la red, el hardware y el software se diseñaron para minimizar tal posibilidad.

Una Ethernet es similar a un árbol sin raíz, a partir del cual se pueden extender nuevas ramas cuando sea necesario. Durante la construcción de un edificio se puede instalar un Ether a lo largo de cada pasillo. Entonces, siempre que se requiera una conexión en una habitación, se puede conectar una rama al punto más cercano. La única consideración que se debe tener en cuenta cuando se amplía el alcance de una Ethernet es que no se debe introducir ningún camino de regreso circular, es decir, no debe haber ningún camino de regreso que rodee el Ether y regrese. Si existieran esos lazos, por cada paquete transmitido se detectaría una colisión, ya que el paquete se interferiría consigo mismo.

Como se muestra en la figura 4.6, el nodo de la red en una Ethernet está hecho de varios componentes. La conexión física al Ether se realiza con una derivación. La única restricción que existe en el diseño de la derivación es que debe afectar lo menos posible a las características eléctricas del Ether. A la derivación se le conecta un transceptor. Este es el componente al cual se conecta el dispositivo se llama controlador Ethernet. El controlador es el encargado de la correcta transmisión y recepción de paquetes a través de la red.

#### 4.6.1 EL PROTOTIPO ETHERNET.

En Xerox ha estado en operación un prototipo de Ethernet desde 1976. El sistema prototipo se diseñó para operar a 3 Mbps y soportar hasta 256 estaciones. El alcance máximo del Ether era de 1 Km.

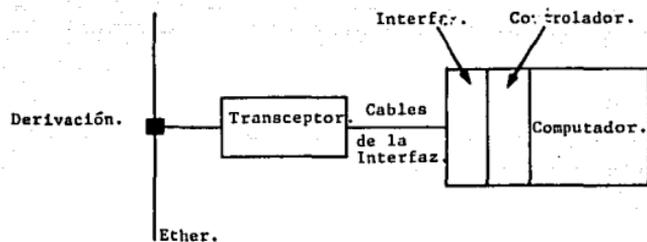


Figura. 4.6 Componente de una conexión Ethernet.

El medio de comunicación elegido para el sistema prototipo fue un cable coaxial CATV estándar. Este tenía las características eléctricas apropiadas y se podía comparar sin problemas y a bajo precio. Esto significaba que el costo del Ether no supondría una parte significativa del costo de conexión a la red.

El formato del paquete del modelo de prueba o mejor dicho del prototipo Ethernet se muestra en la figura 4.7 Un paquete comienza con un campo de sincronización de un bit. El hardware de la interface usa este campo para ajustar la fase de bit del paquete que le llega. Los campos siguientes son direcciones; la dirección de destino del paquete seguida de la dirección de la fuente. Cada una de ellas tiene 8 bits de longitud, lo que permite el direccionamiento de hasta 256 dispositivos en una sola Ethernet. El siguiente campo del paquete es para los datos del usuario. En este campo se pueden acomodar hasta 4096 bits en múltiplos de 16 bits. El último campo del paquete, de 16 bits, se usa para transportar la verificación de error CRC generada por la fuente. A continuación se describe la aplicación de cada uno de los componentes principales de una red Ethernet.

## **TRANSECTOR**

El transceptor es el punto en el cual los componentes activos de una conexión de red entra en contacto con el Ether. El transceptor se conecta con el Ether a través de la derivación. Para conectar una derivación al Ether, se hace un orificio en el forro del cable coaxial y se quita un trozo de la malla. A continuación, un contacto parecido a una aguja se conecta al conductor central; los dientes de las pinzas que contienen el grupo hacen contacto con el conductor externo. La derivación se conecta a una pequeña caja que contiene el transceptor. El transceptor es el que contiene el controlador de la línea y los componentes de recepción. En el prototipo Ethernet, estos componentes se diseñaron para operar hasta con 256 dispositivos conectados al Ether; un mal funcionamiento de este componente podría corromper toda la red. El transceptor tiene un circuito guardián interno que controla constantemente su funcionamiento y desconecta la red del Ether si hay alguna indicación de fallo. Los controladores de línea y los receptores también se diseñaron para contrarrestar el medio electrónico y los niveles de voltaje inestable en el Ether.

Además de los circuitos usados en la transmisión de los paquetes, el transceptor realiza funciones importantes para el método de acceso y el control de colisiones. Estas funciones se llaman detección de portadora, detección de interferencia y acción en caso de colisión.

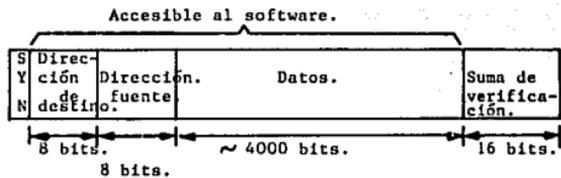


Figura. 4.7 Formato del paquete del prototipo Ethernet.

La detección de portadora se usa antes de la transmisión para determinar si hay otra estación utilizando el Ether. Incluye al menos una transmisión en el nivel de la señal por tiempo de bit. El transceptor puede detectar este cambio de nivel, y su presencia evita que se inicie una transmisión. Usando detección de portadora, las colisiones de paquetes sólo pueden ocurrir en una Ethernet si dos o más estaciones comienzan a transmitir durante el retardo de propagación de extremo a extremo del Ether. Como no se fuerza un retardo en un paquete cuando se detecta que el Ether está ocupado, la mayoría de las colisiones ocurrirán porque se libera más de una estación que espera el Ether. En esta situación, una vez que se completa el paquete en el Ether, todos los transmisores pendientes comenzarán simultáneamente y todos los paquetes transmitidos chocarán. Entonces se replanificará cada transmisión con un retardo generado aleatoriamente.

Durante las transmisiones, los circuitos de detección de interferencia de un transceptor comparan el valor en el Ether con el valor del bit que se está transmitiendo. Si hay alguna diferencia, entonces se está interfiriendo al paquete que se transmite. Esto se conoce como colisión de paquetes, y lo que se hace cuando eso ocurre es detener la transmisión. La presencia de circuitos de detección de portadora y de interferencia es la principal diferencia en las técnicas de control de red utilizadas en los sistemas Ethernet y Aloha. En Aloha las transmisiones se inician tan pronto como hay datos para transmitir, con dependencia del estado actual de la red. Entonces, si una estación fuera a transmitir un paquete y el primer bit de éste chocara con el último bit del otro paquete que se estaba transmitiendo, ambos paquetes se corromperían. Por tanto, la información que lleva la red durante el tiempo de transmisión de los paquetes sería cero. Si se tuviera detección de portadora en Aloha, el segundo paquete se lanzaría hasta que el primero estuviera completo. Igualmente, si dos estaciones conectadas a Aloha iniciaran simultáneamente una transmisión, entonces los paquetes se traslaparían casi por completo. Si las estaciones Aloha pudieran detectar esta colisión como los transceptores Ethernet, ambas transmisiones se abortarían y se liberaría el medio de transmisión. Pero como no hay detección de portadora en Aloha (o se realiza en forma deficiente, pues, en general, las estaciones externas no pueden oírse entre sí), el ancho de banda del sistema se desperdicia durante este tiempo.

Cuando ocurre una colisión de paquetes en el Ether, hay una probabilidad finita de que una de las estaciones participantes no perciba lo ocurrido. Si todas las estaciones que detectan la colisión dejan de transmitir, sólo continuaría la estación que no se dio cuenta. Aunque esta estación no haya detectado la colisión, aún existe la posibilidad de que el paquete que transmitió se haya corrompido. Para reducir la posibilidad de desperdiciar ancho de banda de esta manera, se incluyó en el diseño del transceptor una técnica llamada ac-

*ción en caso de colisión. Habiendo detectado la interferencia de paquetes, un transceptor detiene la transmisión e intenta obstruir el Ether. Así la estación detectará la secuencia de obstrucción y detendrá la transmisión, aunque no se le notifique la presencia de otros paquetes en la red.*

*La conexión entre el transceptor y la interfaz se hace con un cable de cinco pares torcidos. Los pares llevan datos de transmisión y recepción en serie, una señal de «interferencia detectada» y alimentación eléctrica.*

## **INTERFAZ.**

*La función de la interfaz, que se localiza entre el transceptor y el controlador, es colocar en serie y codificar los datos que pasan al Ether, y descodificar y deserializar los datos que vienen del Ether, más, la interfaz calcula una suma de verificación de redundancia cíclica (CRC) del contenido de los paquetes que se reciben y transmiten.*

*Cuando se tiene que iniciar una transmisión, se pasan una dirección y una cuenta de palabra a la interfaz del controlador. La dirección se usa como principio del buffer, en la memoria del dispositivo principal, que se transmitirá. La cuenta de palabra representa el tamaño del buffer. Entonces, después de codificar usando el esquema Manchester durante la transmisión el hardware de la interfaz calcula la CRC de 16 bits cada vez que se lee una palabra de la memoria. el valor final del registro CRC se codifica y envía al transceptor una vez que se ha procesado la última palabra de datos.*

*El esquema Manchester es una técnica para codificar los datos en los discos magnéticos. La desventaja de este código es su poca capacidad de almacenamiento de bits.*

*El lado de recepción de la interfaz es similar al lado transmisor. La señal recibida del Ether se descodifica y el flujo de bits en serie se convierte a palabras en paralelo. Las palabras se almacenan en un buffer de la memoria principal del dispositivo. El valor CRC que se calcula durante la recepción se usa, con los dos últimos bytes del paquete, para determinar si el paquete contenía un error. Si la verificación del CRC falla, no se notifica al dispositivo la recepción del paquete, y éste se descarta.*

*Igualmente, la interfaz descarta paquetes truncados que se reciben del Ether. Los paquetes truncados son producto de una colisión de paquetes y se originan por el aborto de la transmisión de los transmisores participantes. tales paquetes pueden llegar a una interfaz si el campo de dirección de destino en el flujo de bits corrompido concuerda con una di-*

rección física de la red. Si esto sucede, la interfaz de destino imaginará que los datos recibidos constituyen un paquete válido. No obstante, si la cantidad de bits de datos recibidos antes de que desaparezca la señal no es divisible entre 16 o la verificación de la CRC falla, entonces se descartará el paquete.

Como la operación de la interfaz depende del tamaño de la palabra del dispositivo y de las señales de control este componente de la Ethernet depende del dispositivo. Así pues, para un sistema de computadores distribuido típico basado en una Ethernet existen diversos diseños distintos de interfaz.

## **CONTROLADOR .**

Al igual que la interfaz, un controlador Ethernet depende de las características del dispositivo local. La función del controlador es manejar la transmisión y recepción de paquetes por la red. El controlador se ha aplicado como software de bajo nivel en el dispositivo y como conexión de firmware del dispositivo. La tarea principal del controlador es la generación de retardos de retransmisión en caso de que una transmisión no pueda continuar. Todos los retardos de transmisión se calculan en función de un segmento, que es el retardo de propagación de extremo a extremo del Ether. cuando no sea posible la transmisión, por haberse detectado la presencia de una portadora en el Ether, la transmisión se programa para un segmento posterior. Siempre que se aborta la transmisión de un paquete debido a la detección de una colisión, se calcula un retardo aleatorio. El valor medio del nuevo retardo generado es dos veces mayor que el retardo previo experimentando por el mismo paquete. Una vez que termina el retardo, se programa la retransmisión, sujeta, por supuesto, al protocolo de acceso CSMA.

## **EXTENSION DE UNA ETHERNET**

En el prototipo Ethernet se usaron dos componentes adicionales para extender el alcance de una sola red. Estos dos componentes son el repetidor y el filtro de paquetes.

**UN REPETIDOR DE PAQUETES** es un transmisor-receptor bidireccional que opera en el nivel de bits. Cuando el tamaño de la red se hace demasiado grande para los componentes del transceptor Ethernet, el Ether se puede dividir en dos secciones, con un repetidor de paquetes proporciona una capacidad extra para manejar paquetes que evita los transceptores. Es necesario recordar que el tamaño máximo de las Ethernet

combinadas debe ser suficientemente pequeño para acomodar el tamaño del paquete mínimo. En la figura 4.8 se muestra una red que consiste en dos segmentos Ethernet.

Se diseñó un **FILTRO DE PAQUETES** para usar cuando la cantidad de estaciones conectadas a la red causa una demanda de tráfico muy alta. La utilización de la línea puede caer a medida que aumenta el número de transmisores potenciales de una Ethernet, debido a la gran cantidad de colisiones que ocurren, y en estas circunstancias el retardo de acceso aumenta considerablemente. El filtro de paquetes se diseñó para solucionar este problema reduciendo el tráfico en diferentes secciones de una red. Se usa un filtro de paquetes para unir dos segmentos Ethernet casi en la misma forma que un repetidor de paquetes. Además de regenerar la señal, el filtro sólo reenvía los paquetes cuyo destino está en el lado opuesto al que se generaron. Esta operación implica que haya una lista de direcciones en el filtro de paquetes o que las direcciones están ordenadas de manera que sólo aparecen direcciones de cierto intervalo a cada lado del filtro. Para hacer esto, el filtro de paquetes debe almacenar temporalmente los paquetes que llegan para revisar su dirección de destino antes de transmitirlos a la extensión Ethernet.

Una implicación del uso de repetidores de paquetes o del filtro de paquetes Ethernet es que el principio de diseñar una red con funciones no controladas se dejó a cambio de flexibilidad. La introducción de cualquiera de estos componentes hace que la red sea susceptible a los fallos por cualquier deficiencia en un solo dispositivo.

## **LA ESPECIFICACION ETHERNET.**

La especificación Ethernet es un estándar que define una segunda generación de la arquitectura Ethernet (Digital, Intel, Xerox, 1980). Se escribió con la participación de tres compañías: Xerox corporation, Intel Corporation y Digital Equipment Corporation; el estándar se conoce como **DIX Ethernet**. La intención de estas compañías era aprovechar las lecciones aprendidas del diseño del prototipo Ethernet para producir una arquitectura de red apropiada para las necesidades de las comunicaciones actuales. Un segundo propósito para la definición de la especificación Ethernet era intentar la adopción de Ethernet como un estándar industrial para redes locales. Como el desarrollo de estas redes es relativamente nuevo, no existen tales estándares, y se pensó que una red con el respaldo de tres grandes compañías tendría muchas posibilidades de éxito. Así sucedió, y la IEEE adoptó el estándar Dix, ligeramente modificado, como parte de las series IEEE 802 estándares de redes locales (IEEE 1982).

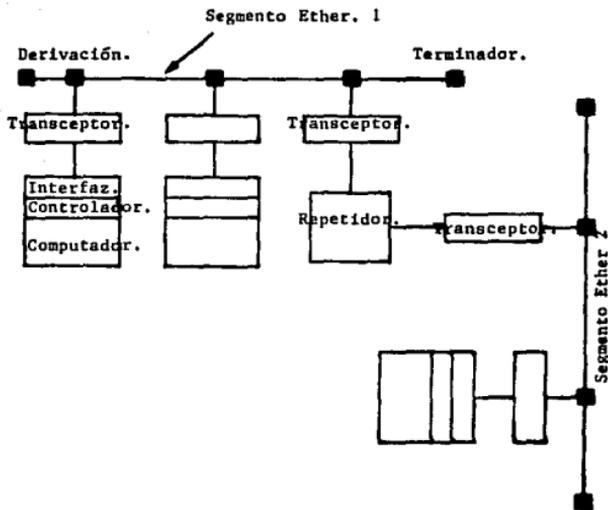


Figura. 4.8 Ethernet de múltiples segmentos.

Los conceptos básicos de Ethernet, como el protocolo de acceso CSMA/CD, permanecen intactos en la especificación Ethernet. La principal diferencia es la redefinición de los parámetros de la red, como la velocidad, el tamaño de la red y el formato del paquete. Esto se realizó refinando el diseño de los componentes del sistema prototipo, los componentes de control de red se arreglaron de nuevo y ahora están contenidos funcionalmente en dos componentes, un transceptor y un controlador.

En el diseño del prototipo Ethernet, la velocidad de transmisión de datos era de aproximadamente 3 Mbps. Cuando se hizo el diseño general esto se consideró adecuado, ya que concordaba con la velocidad del canal del dispositivo principal. Desde entonces se han desarrollado muchas aplicaciones potenciales que requieren velocidades mayores, por lo que se decidió incrementar este parámetro en el nuevo sistema. Sin embargo, se debía reducir el alcance máximo del sistema si se incrementaba la velocidad, ya que el tamaño mínimo de paquete debería ser el más pequeño posible. El incremento de la velocidad de transmisión también crea una demanda de estándares más elevados, de los componentes electrónicos del transceptor, lo que, a su vez, incrementa el costo de conexión. La velocidad de transmisión que se eligió para el estándar, fue de 10 Mbps. como resultado de este cambio, la longitud máxima de la red se redujo a 500 metros, aunque, usando repetidores de paquetes, esta longitud se puede extender de 2 a 5 kilómetros.

Los principales cambios se hicieron en el formato del paquete para la especificación Ethernet. Ahora el paquete consta de un preámbulo de 64 bits, dos direcciones de 48 bits, un campo de tipo de 16 bits, un campo de datos cuyo tamaño está entre 46 y 1500 bytes, y un campo de CRC de 32 bits. El formato del paquete se muestra en la figura 4.9. El campo de sincronización de 1 bit se ha sustituido por el preámbulo de 64 bits debido a que algunas estaciones del sistema prototipo tiende a fallar en el ajuste al primer bit de un paquete, y debido al incremento de la velocidad en la especificación Ethernet. Se intenta asegurar que todas las estaciones detecten cualquier paquete en la red. Los dos campos de direcciones se extendieron de 8 a 48 bits para proporcionar un direccionamiento multired. Dividiendo el campo y usando los subcampos jerárquicamente, las secciones de las direcciones se pueden asociar con una red local, con una red vecina y así sucesivamente. Se incluyó un campo de tipo en el formato del paquete. Este campo identifica los protocolos de más alto nivel aplicados en el campo de datos de los paquetes. Finalmente, el CRC de los bits se extendió a 32 bits para mejorar la detección de errores.

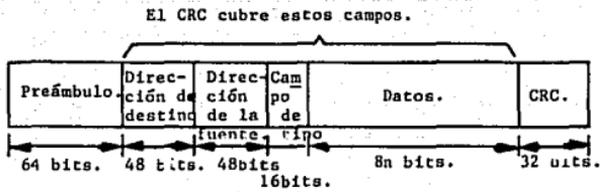


Figura. 4.9 Formato del paquete de la DIX Ethernet.

## GLOSARIO

- AS:** *Attached system:* sistema conectado.
- ADCCP:** *Advanced Data Communication Control Procedure:* procedimiento avanzado de control de comunicaciones de datos.
- ARQ:** *Automatic Request for Repeat:* requerimiento automático de repetición.
- ASCII:** *American Standard Code for Information Interchange:* código estándar americano para el intercambio de información.
- BCC:** *Block Check Character:* bloque chegador de caracteres.
- CATS:** *Communication Adapter Trunk Switch:* adaptador del conmutador del truncamiento de la comunicación.
- CCITT:** *Comite Consultatif International Télégraphique et Téléphonique*
- CD:** *Current Direct:* corriente directa.
- CODES:** *Compresores/DEScompresores.*
- CRC:** *Cyclic Redundancy Checking:* chequeo de redundancia cíclica.
- CRT:** *Cathode Ray Tube:* tubo de rayos catódicos.
- CSMA:** *Carrier Sense Multiple Access:* acceso múltiple con acción de portadora.
- CTS:** *Clear To Send:* borrar para enviar.
- DAA:** *Data Access Arrangement:* arreglo de acceso de datos
- DCD:** *Data Carrier Detect:* portadora de detección de datos.
- DCE:** *Data Circuit Terminating Equipment:* equipo de la comunicación de datos
- DDS:** *Dataphone Digital Services:* servicios digitales.

**DLC** : Data Link Control: control de enlace de datos.  
**DLE** : Data Link Escape: escape de enlace de datos.  
**DSU** : Data Service Unit: unidad de servicio de datos.  
**DTE** : Data Terminal Equipment: equipo de transmisión de datos.  
**DTM** : Division Time Multiplexor: multicanalizador por división de tiempo.  
**EIA** : Electronics Industry Association: asociación de la industria electrónica.  
**ETX** : End of Text: fin de texto.  
**FDM** : Frequency División Multiplexing: es un sistema de transmisión simultánea en el cual, el rango disponible de frecuencia de transmisión es dividido en bandas más angostas, cada una utilizada como un canal separado.  
**FDX** : Full Duplex: dúplex.  
**FEC** : Forward Error Correction: corrección de errores hacia adelante.  
**FEP** : Front End Processors: procesadores de comunicaciones especializados.  
**HDLC** : High Level Data Link Control: control de enlace de datos de alto nivel.  
**HDX** : Half Duplex: semidúplex.  
**IEEE** : Institute of Electrical and Electronic Engineers: Instituto de electrónica y de ingenieros electrónicos.  
**ISO** : International Standards Organization: organización internacional de estándares.  
**LAP** : Link Access Protocol: protocolo de acceso de enlace.  
**LED** : Light Emitting Diode: diodo emisor de luz.  
**LRC** : Longitudinal Redundancy Checking: verificación de redundancia longitudinal.  
**LSI** : Large Scale Integration: integración a larga escala.  
**NC** : Network Controller: controlador de la red.

**NG** : Network Gateway: *pasaje de la red.*

**NI** : Network Interface: *interconexión de la red.*

**NM** : Network Medium: *medio de la red.*

**NT** : Network Tap: *llave de paso de la red.*

**NIU** : Network Interface Unit: *unidad de interface de la red.*

**OSI** : Open Sistem Interconnection

**PBX** : Private Branch Exchange.

**PAD** : Packet Assembler Disassembler.

**PCM** : Pulse Code Modulation: *modulacion por pulsos codificados.*

**PSE** : Packet Swich Exchange: *intercambio conmutado de paquetes.*

**RF** : Radio Frequency: *radio frecuencia.*

**RTI** : Reflexión Total Interna.

**RTS** : Request to Send: *requerimiento de envío.*

**SDLC** : Synchronous Data Link Control: *sincronización del enlace de datos*

**SOH** : Start of Header: *inicio de encabezado.*

**SPX** : Simplex: *transmisión en una sola dirección.*

**STDM** : Statistical Time Division Multiplexing:

**STX** : Start of text: *inicio del texto.*

**TDM** : Time Division Multiplexing:

**TWA** : Two Ways Altenated: *dos vías alternativas.*

**TWS** : Two Ways Simultaneous: *dos vías simultaneas.*

**UAL** : Utilization Adapter Line: *utilización de un adaptador por cada línea de salida que contenga un buffer de un carácter.*

**URC** : Vertical Redundance Cheqing: *verificación de redundancia vertical.*

**WAN** : Wide Area Network: *espacio de la red.*

## BIBLIOGRAFIA

- \* ALAN Freedman. *Glosario de computación*, México, McGraw-Hill, 1983.
  
- \* ANDREW S. Tanenbaun, *Organización de computadoras, un enfoque estructurado*, México, Prentice-Hall, 1985.
  
- \* BRYAN Pfaffenberger. *QUE'S Computer user's dictionary*, Indiana, QUE, 1990.
  
- \* *Campus Networking Strategies, Redes de computo E.U.*, Caroline Arms, E.U., Digital 1988.
  
- \* HAMACHER, Vranesic, Zaky, *Organización de computadoras*, México, McGraw-Hill, 1986.
  
- \* HOPPER, Temple, Williamson, *Diseño de redes locales*, México, SITESA, 1989.
  
- \* JEFF Maynard. *Diccionario de procesamiento de datos*, México, Diana, 1979.
  
- \* JERRY M. Rosenbery, *Dictionary of computers, data processing & telecommunications*, New York, John Wi-

- Ley & Sons, 1983.
- \* JOSE Antonio Echenique García, Auditoria en informática, México, McGraw-Hill, 1990.
  
  - \* MARTIN James Thomas, La's telecomunicaciones y la computadora, México, Diana, 1976.
  
  - \* M. Morris Mano, Computer system architecture, United States of America, Prentice-hall, 1982.
  
  - \* NESTOR Gonzalez Sainz, Comunicaciones y redes de procesamiento de datos, México, McGraw-Hill, 1989.
  
  - \* PARKER Sybil P., Diccionario McGraw-Hill de computación, Tomo I y II, México, McGraw-Hill, 1989.
  
  - \* VINCE Coughlin, Telecommunications: equipment fundamentals and network structures, New York, SAMS, 1984.