



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón

**IMPLANTACION DE LA RED PUBLICA DE
TRANSMISION DE DATOS EN MEXICO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N:
NESTOR FLORES VAZQUEZ
FRANCISCO JAVIER MORALES GARCIA



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

	PAG.
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	
Necesidades y Ventajas del Establecimiento de una Red Pública de Transmisión de Datos	4
CAPITULO 2	
Consideraciones Teóricas	7
2.1. Técnicas de Modulación Digital	7
2.1.1. Modulación por Corrimiento de Amplitud	
2.1.2. Modulación por Corrimiento de Frecuencia	
2.1.3. Modulación por Corrimiento de Fase	
2.1.4. Modulación por Pulsos Codificados	
2.2. Técnicas de Multiplexaje	16
2.2.1. Multiplexaje por División de Frecuencia	
2.2.2. Multiplexaje por División de Tiempo	
2.2.3. Multiplexaje por División de Tiempo Esta <u>st</u> ístico	
2.3. Medios de Transmisión	23
2.3.1. Parámetros Primarios de la Líneas de Transmisión.	
2.3.2. Parámetros Secundarios de la Líneas de Transmisión.	
2.3.3. Máxima capacidad de un Canal de Comunicación.	
2.3.4. Ruido	
2.4. Códigos de Detección y Corrección de Errores	30
2.4.1. Código Detector de Error de Paridad par e impar	

- 2.4.2. Código Detector de Error M fuera de N.
- 2.4.3. Códigos Detectores de Error de Paridad Vertical y Horizontal.
- 2.4.4. Código de Chequeo de Redundancia Cífrica.

CAPITULO 3

Generalidades de Redes de Comunicación de Datos	38
3.1. Sistema Típico de Transmisión de Datos	38
3.2. Componentes de un Sistema de Transmisión de Datos	40
3.3. Formas de Acceso a una Red de Transmisión de Datos	50
3.3.1. Tipos de Enlace de circuitos de comunicación	
3.3.1.1. Enlace a Dos Hilos	
3.3.1.2. Enlace a Cuatro Hilos	
3.3.1.3. Enlace por Línea Conmutada	
3.3.1.4. Enlace por Línea Privada	
3.3.2. Modos de Operación de los Circuitos de Comunicación	
3.3.2.1. Simple	
3.3.2.2. Direccional (Half Duplex)	
3.3.2.3. Bidireccional (Full Duplex)	
3.3.3. Modo de Conexión de los Usuarios	
3.3.3.1. Conexión Punto a Punto	
3.3.3.2. Conexión Multipunto	
3.3.4. Modos de Transmisión	
3.3.4.1. Transmisión Asíncrona	
3.3.4.2. Transmisión Síncrona	

CAPITULO 4

Características de la Red Pública de Transmisión de Datos	59
4.1. Topología	59
4.2. Arquitectura	60
4.3. Confiabilidad y Disponibilidad	61
4.4. Equipos	61
4.5. Velocidad de Operación en la Red	62
4.6. Características de la Red (Adaptabilidad)	62
4.7. Características Generales de los Nodos	63
4.8. Servicios que proporcionará la Red	65
4.9. Centro de Control de la Red	69
4.10. Proyectos de Implantación	71

CAPITULO 5

Técnica de Conmutación de Paquetes	77
5.1. Conmutación de Paquetes	77
5.2. ¿Porqué Conmutación de Paquetes?	77
5.3. Características de la Conmutación de Paquetes	79
5.3.1. Direccionamiento y Enrutamiento	
5.3.2. Control de Flujo	
5.3.3. Control de Errores	
5.3.4. Secuencia de paquetes	
5.3.5. Circuito Virtual (VC)	
5.3.6. Llamada Virtual	
5.3.7. Establecimiento de una Llamada Virtual	
5.3.8. Circuito Virtual Permanente (PVC)	
5.4. Circuitos, mensajes y Paquetes	89

CAPITULO 6

Arquitectura, Funcionamiento y Operación del Procesador de Comunicaciones de la Red Pública de Transmisión de Datos.	95
Conclusiones	126

A P E N D I C E S

'A'	Procedimiento de Control de Enlace de Datos de Alto Nivel (HDLC)	127
'B'	Ensamblador/Desensamblador de Paquetes (PAD)	131
'C'	Recomendación X.3	134
'D'	Recomendación X.28	135
'E'	Recomendación X.29	135
'F'	Recomendación X.25	136
'G'	Recomendación X.75	140
	Bibliografía	146

INTRODUCCION

Con la Revolución Industrial la máquina comenzó a sustituir al hombre en buena parte de sus actividades.

Los centros de producción comenzaron a ser los focos atractivos para la formación de los núcleos de población integrando al mismo tiempo una clase diferente de sociedad.

Esta Revolución trajo consigo efectos inesperados y fué causa de la aparición de las grandes ciudades de la actualidad. Sin embargo, la información ha tomado un lugar preponderante en el desarrollo de la sociedad. ¿Qué proceso productivo o social no necesita de este elemento tan valioso?

En muchos otros países la explosión de la información se ha evidenciado dentro de las organizaciones económicas y sociales; así, para manejar las necesidades de información de dichas organizaciones modernas complejas se deben desarrollar e implementar Sistemas de Información para recopilar y procesar datos en forma que produzcan una variedad de información para usuarios tanto internos como externos a la organización.

En México las organizaciones han resuelto sus problemas de información desarrollando e implantando Sistemas de Transmisión de Datos de carácter privado, que en algunos casos constituyen Redes Privadas de Transmisión de Datos que son pequeños y limitados a aplicaciones específicas pero que proveen a sus usuarios de la información necesaria para ejecutar sus trabajos; por otro lado, existen otros Sistemas que por las características de utilizar Procesamiento de Datos distribuidos (donde el procesamiento se realiza en diferentes puntos del Sistema) constituyen verdaderas Redes Privadas de Transmisión de Datos; es decir, estas Redes integran las necesidades 'geográficas' entre instalaciones, con las necesidades 'funcionales' internas de cada instalación con el fin de formar una Red de Información de alta adaptabilidad para toda la organización.

Conviene comentar que los sectores Industrial, Comercial, Bancario, Federal y Académico son los sectores productivos que preferentemente cuentan con algún Sistema de Procesamiento de Datos Privado.

La necesidad de procesar información a grandes distancias es un fenómeno que se ha incrementado de manera explosiva, puesto que la Teleinformática (Procesamiento de Información a grandes distancias) aprovecha la infraestructura de las Telecomunicaciones para enlazar los Centros de Cómputo con los Dispositivos Terminales de Datos.

El aumento en la necesidad de comunicación a velocidades superiores y el resultado del éxito logrado en la Conducción de Señales de Datos a través de grandes distancias ha revelado recientemente la necesidad de formar Redes de Computadoras que permitan compartir y aprovechar eficientemente su capacidad de procesamiento.

En efecto, en México también ha sido necesario la implantación de una Red Pública de Transmisión de Datos que satisfaga la necesidad de Procesar Información desde cualquier punto del Territorio Nacional. En consecuencia con la idea de proporcionar servicios cada vez más confiables, y con un alto grado de disponibilidad la propia Dirección General de Telecomunicaciones, inició el proyecto de la Implantación de la Red Pública de Transmisión de Datos denominada 'T E L E P A C' .

En la Red Pública se utiliza la Técnica de Conmutación de Paquetes, la cual ofrece una mayor cantidad de ventajas sobre las diferentes Técnicas de Conmutación que existen (conmutación de circuitos y de mensajes), para la Transmisión de Datos.

La Técnica de Conmutación de Paquetes se basa en el multiplexaje estadístico e implica la interconexión entre varios conmutadores de paquetes en una Red de Transmisión de Datos, diseñada con estas características. Para que esto sea posible, es necesario utilizar equipo especializado para que trabaje con conjunto con el procesador de comunicaciones, como lo es: Modems, Terminales, Interfaces y auxiliándose de la infraestructura que proporciona la Red Telefónica Nacional.

El elemento Central para la Comunicación de Datos en la Red Pública es el Procesador de Comunicaciones TP 4000 cuando es configurado para trabajar como Conmutador de Paquetes.

Su función principal es liberar en la mayor medida posible al Computador Principal (Host), del control de las comunicaciones, es decir, a medida que una Red de Comunicaciones de Datos crece, este Computador puede sobrecargarse con tareas de control de comunicaciones. Otras funciones básicas de este procesador es la de acoplar a Computadores de este tipo con Terminales en las Redes de Conmutación de Paquetes y como convertidor de protocolos. Se puede utilizar tanto en Redes Privadas como en Redes Públicas de Datos, no requiriendo cambios en la programática (Software) y mecánica (Hardware) del equipo del usuario.

Todos estos elementos integran, como se puede apreciar, un 'Sistema de Comunicaciones' que cumple con los lineamientos básicos y necesarios de un Sistema General de Comunicaciones.

CAPITULO 1

Necesidades y ventajas del establecimiento de una Red Pública de Transmisión de Datos.

Actualmente se pasa por una época en donde las comunicaciones juegan un papel muy importante en la vida de la humanidad; a esta época se le puede llamar la era de la información, debido al gran desarrollo tecnológico en las comunicaciones y de las computadoras.

Se ha logrado el almacenamiento y procesamiento de enorme cantidad de información, la cual puede ser tomada y procesada de manera rápida y eficazmente.

Debido a este aumento en la capacidad de procesamiento de las computadoras, aunado principalmente al desarrollo de nuevos y más sofisticados sistemas operativos, se ha hecho posible el surgimiento y desarrollo de la Teleinformática cuya función, como se ha mencionado, consiste en el procesamiento de información a grandes distancias con el objeto de que miles de usuarios obtengan y manejen información en forma instantánea; por tanto, las Redes Públicas de Transmisión de Datos son la solución para que todos aquellos usuarios que encuentren incosteable, e inclusive irrealizable su proyecto de Transmisión de Datos con facilidades propias, lo puedan realizar a través de una Red Pública.

Una Red Pública representa entre otras cosas, facilidades compartidas con un consiguiente menor costo y accesibilidad en grandes áreas geográficas; otras características disponibles dependen del diseño mismo de la Red, por lo general se obtienen mayores beneficios que los mencionados, como pueden ser:

- Se establecerán tarifas diferenciales mediante las cuales podrán transmitirse datos únicamente durante el tiempo que sea necesario, con lo cual se favorece la economía por concepto de Transmisión de Información.

- Podrán establecerse Sistemas Privados de Teleinformática utilizando el grupo cerrado de abonados, esto evitará el desperdicio de recursos al duplicar líneas y sistemas, ya que un solo Sistema puede soportar a todos aquellos usuarios que deseen utilizarlo.
- Se aprovecharán los recursos informáticos, tanto en el Hardware como en el Software que actualmente están siendo desarrollados. También dará un impulso a la compartición de estos recursos, porque tanto las pequeñas como las medianas empresas podrán hacer mejor su planificación.

Por estas razones, con el establecimiento de la Red Pública de Transmisión de Datos (RPTD), se pretende dar solución a las limitaciones que presentan las Redes Privadas, y además ofrecer un sinnúmero de ventajas para el usuario, de entre las cuales tenemos:

- Proporcionar una Red basada en la técnica de conmutación de paquetes, con lo cual se logra una mayor eficiencia en la transmisión de la información.
- El establecimiento de esta Red colocará a México en una situación inmejorable respecto a otros países, siendo la primera Red de su tipo en América Latina.
- Debido a su magnitud se tendrá una alta confiabilidad y disponibilidad de los servicios que proporcionará en beneficio de los usuarios.
- Se busca que la Red sea lo más transparente posible en cuanto a la información que maneje el usuario.
- Se espera un amplio desarrollo Nacional en esta área tecnológica, especialmente dentro de las comunicaciones.

En general, los alcances que se tendrán con un servicio como el que se prestará con la Red Pública serán incalculables y afectará el desarrollo de todas las actividades del País.

Por consiguiente el objetivo de esta tesis es proporcionar el desarrollo de la 'IMPLANTACION DE UNA RED PUBLICA DE TRANSMISION DE DATOS' que satisfaga las necesidades que se mencionan y ofrezca las ventajas que se requieren en un país como el nuestro, y además se obtengan grandes beneficios en cuanto al uso de la misma.

CAPITULO 2

CONSIDERACIONES TEORICAS

En este capítulo se presenta la información teórica necesaria que sirve de referencia para la mejor comprensión de los conceptos que son utilizados en el desarrollo de esta tesis.

2.1. Técnicas de Modulación Digital.

Las señales que se generan en un Sistema de Transmisión de Datos son de naturaleza binaria, es decir, consisten de una serie de pulsos eléctricos representados por niveles de voltaje de referencia a los cuales se le asigna como un '1' al nivel máximo y como un '0' al nivel mínimo, como se ilustra en la figura 2.1a. La Red para la Transmisión de Datos a nuestra disposición es la Red Telefónica, la cual no es apta para la transmisión de señales digitales debido a que produce demasiado ruido y atenuación. Por esta razón es necesario utilizar diferentes técnicas de modulación para ajustar la forma de onda binaria a las características del canal de transmisión. Entonces, la modulación nos permite convertir las señales binarias en señales analógicas para que puedan ser transmitidas con la máxima eficiencia, sin importar la distancia en la transmisión. Existen diferentes tipos de modulación para la transmisión de datos, los cuales se mencionan a continuación.

2.1.1. Modulación por Corrimiento de Amplitud (ASK).

Consideremos una secuencia de pulsos binarios, figura 2.1a., y una señal portadora, figura 2.1b. Para la transmisión de la secuencia de los pulsos binarios es necesario multiplicar ambas señales, generándose una señal modulada como la que se muestra en la figura 2.1c., en donde la combinación del nivel máximo ('1') con la portadora genera un pulso de radiofrecuencia de amplitud A, y la combinación del nivel mínimo ('0') genera una señal de no pulso de radiofrecuencia. Es aparente que el espectro de la señal ASK dependerá de la secuencia binaria particular que sea transmitida, llamada una secuencia particular $f(t)$ de 1's y 0's. Entonces, la señal ASK es simplemente:

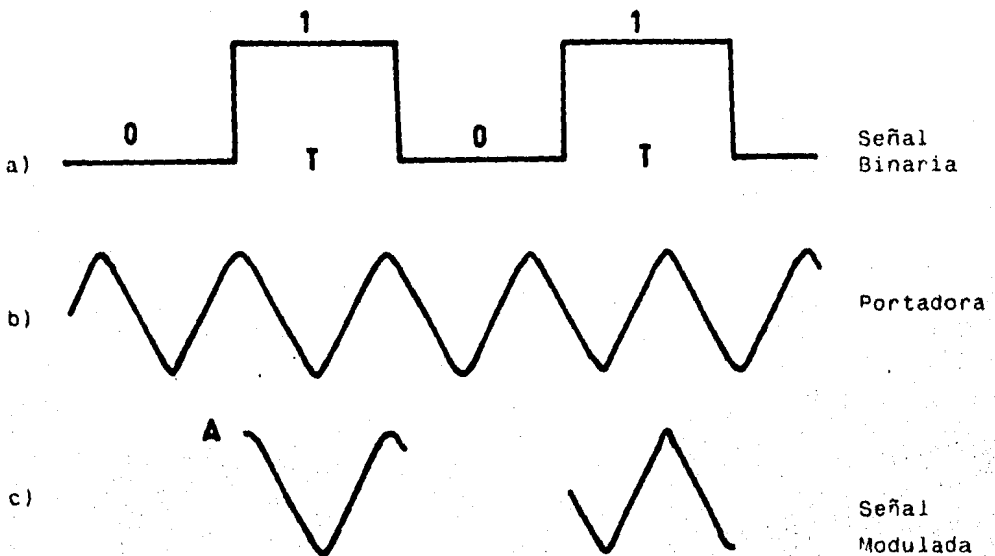


FIGURA 2.1 MODULACION POR CORRIMIENTO DE AMPLITUD (ASK).

$$f_c(t) = Af(t) \cos \omega_c t$$

donde

$f(t) = '1' \text{ ó } '0'$, sobre intervalos de longitud de T segundos. Como se ve, esta señal también representa a una señal Modulada en Amplitud (AM).

Tomando la transformada de una señal modulada en ASK o en amplitud $f_c(t)$, y usando el Teorema de Traslación de Frecuencia, tenemos lo siguiente:

$$\text{Si } \cos \omega_c t = \frac{1}{2} (e^{j\omega_c t} - e^{-j\omega_c t})$$

y sabiendo que

$$\mathcal{F}(f(t) e^{j\omega_c t}) = F(\omega - \omega_c)$$

$$\mathcal{F}(Af(t) \cos \omega_c t) = A \mathcal{F} \left[\frac{1}{2} f(t) e^{j\omega_c t} - \frac{1}{2} f(t) e^{-j\omega_c t} \right]$$

como

$$f(t) = '1' \text{ ó } '0'$$

el resultado obtenido es

$$F_c(w) = A/2 \left[F(w_c - w_0) - F(w_c + w_0) \right]$$

El efecto de multiplicar la señal $f(t)$ por $\cos w_c t$ es simplemente, como ya se mencionó, para cambiar el espectro de la señal binaria original hasta la frecuencia w_c para lograr la transmisión de dicha señal. Esto lo podemos observar en la figura 2.2. Esta es una forma general de representar una señal de AM. Contiene bandas laterales superior e inferior distribuidas simétricamente al rededor de la portadora o frecuencia central w_c .

2.1.2. Modulación por Corrimiento de Frecuencia (FSK).

Consideremos que el mensaje binario consiste de una secuencia alternada de 1's y 0's que al multiplicarse con una señal portadora, figura 2.3a y b, se genera una señal de radiofrecuencia modulada en FSK, en donde, como se puede observar, que con el pulso binario 1 se obtiene una frecuencia f_1 mayor, que es la frecuencia central w_c más un incremento de frecuencia w_1 correspondiente a la frecuencia del pulso '1', y una frecuencia f_2 menor, que es la frecuencia central w_c menos un incremento de frecuencia w_2 correspondiente a la frecuencia del pulso '0', las cuales las podemos representar mediante las siguientes ecuaciones:

$$\left. \begin{aligned} f_{c1}(t) &= A \cos w_1 t \\ f_{c2}(t) &= A \cos w_2 t \end{aligned} \right\} -T/2 \leq t \leq T/2$$

Sin embargo, podemos observar que esta puede ser visualizada como la superposición lineal de dos señales periódicas ASK, tal como se muestra en la figura 2.3c, una retardada T segundos con respecto a la otra. El espectro total es entonces la superposición lineal de dos espectros que, como se muestra en la figura 2.4, se obtiene aplicando la Transformada de Fourier a las ecuaciones anteriores obteniéndose el resultado siguiente:

$$\frac{AT}{2} \left[\frac{\text{Sen}(w_1 - w_n)T/2}{(w_1 - w_n)T/2} + (-1)^n \frac{\text{Sen}(w_2 - w_n)T/2}{(w_2 - w_n)T/2} \right]$$

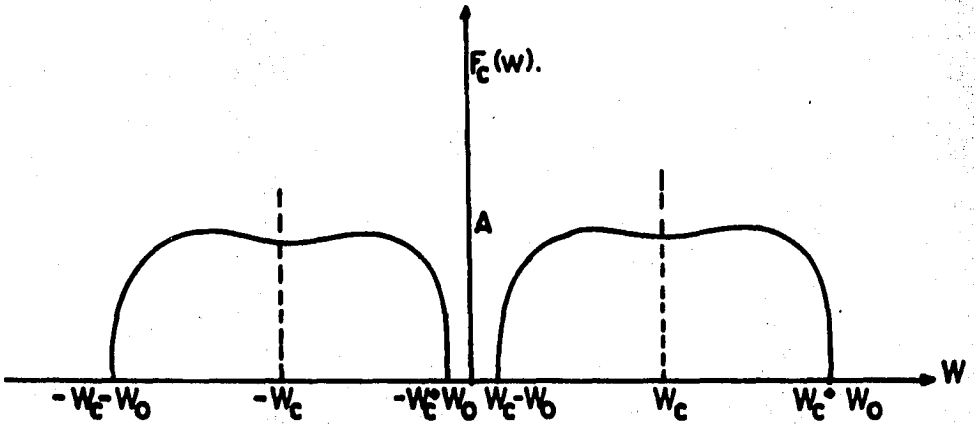


FIGURA 2.2 ESPECTRO DE ONDA MODULADA EN AMPLITUD.

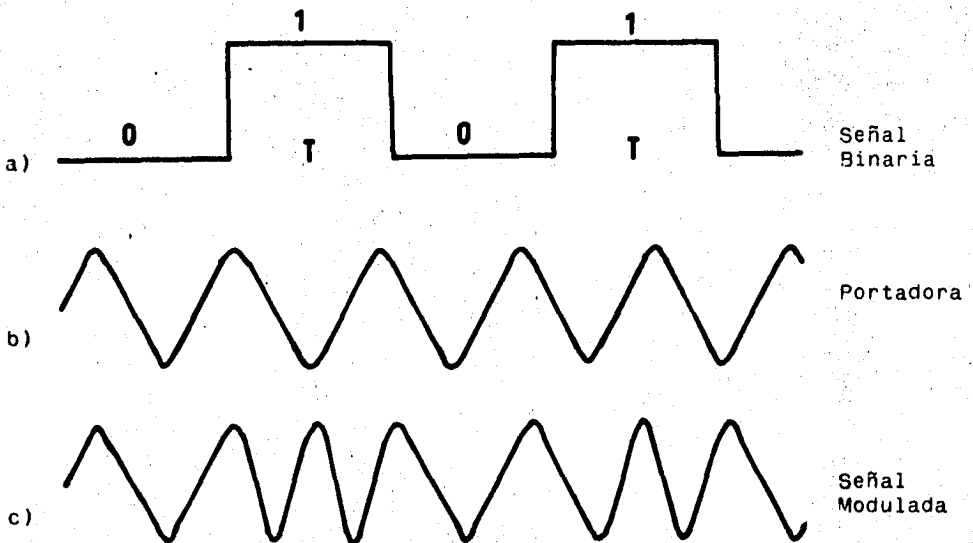


FIGURA 2.3. MODULACION POR CORRIMIENTO DE FRECUENCIA

con $W_n = \pi n/T$, $w_1 = w_c - \Delta w$, $w_2 = w_c + \Delta w$

El espectro que da como resultado es mostrado en la figura 2.4., para el caso especial $\Delta f \gg 1/T$.

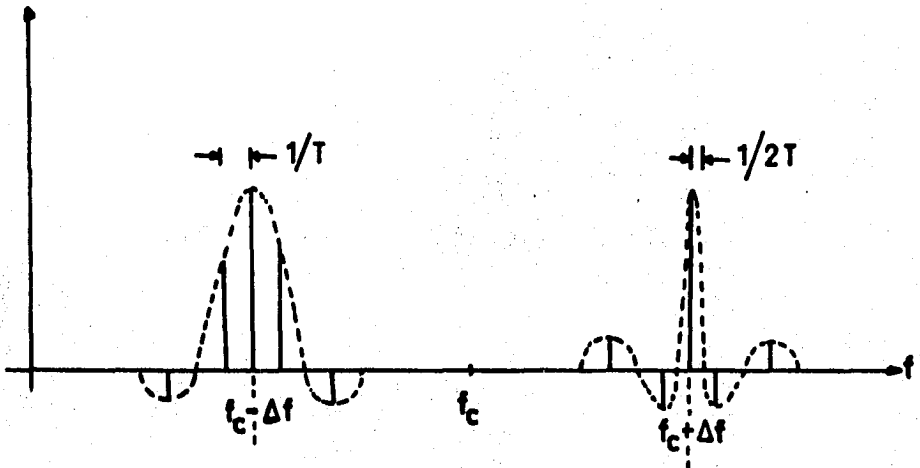


FIGURA 2.4. ESPECTRO, ONDA FSK PERIODICA (SOLAMENTE FRECUENCIAS POSITIVAS).

2.1.3. Modulación por Desplazamiento de Fase (PSK).

El código de modulación más empleado es la codificación por desplazamiento de fase (PSK), para la Transmisión a Altas Velocidades. Una combinación de números se representa por un cambio en la posición de fase de la frecuencia portadora.

El principio de codificación más común en este tipo de modulación es la modulación de 4 fases, en donde el flujo de datos que hay que transmitir se divide en pares de bits, llamados dibits. Cada dibit se codifica como una posición de fase que es relativa a la fase del dibit anterior, figura 2.5.

Dibit	Fase
00	0°
01	90°
11	180°
10	270°

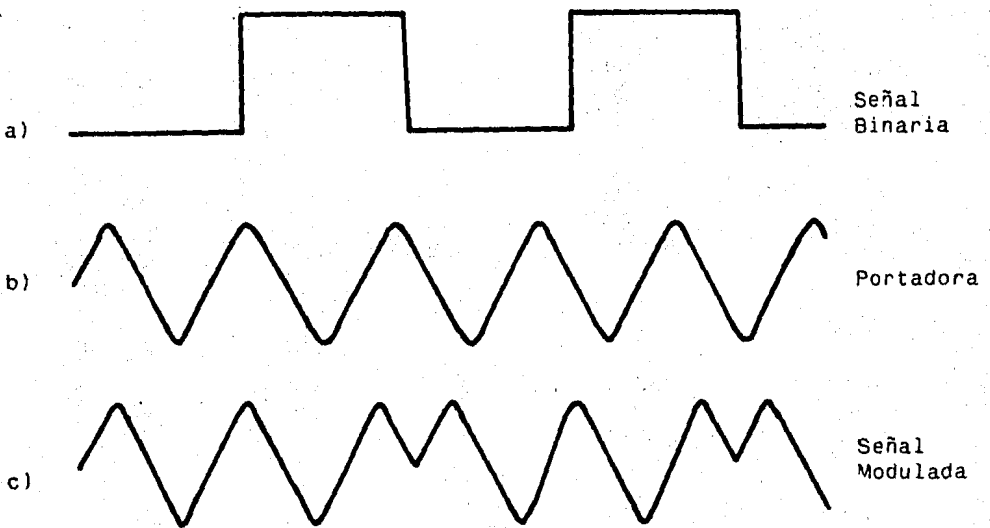


FIGURA 2.5 MODULACION POR CORRIMIENTO DE FASE (PSK)

2.1.4. Modulación por Codificación de Pulsos (PCM)

Los tipos de modulación considerados hasta aquí han sido representaciones analógicas del mensaje. La Modulación por Pulsos Codificados (PCM) es completamente diferente en concepto; es una modulación digital en la que el mensaje se representa por medio de un grupo codificado de pulsos (amplitudes discretas). El razo namiento en que se apoya el procedimiento de digitalización es co

mo sigue: en la modulación analógica el parámetro modulado varia en forma continua y puede tomar cualquier valor de los correspondientes al intervalo del mensaje. Cuando la onda modulada se altera con ruido no existe en el receptor forma alguna de distinguir el valor transmitido exacto. Supóngase, sin embargo, que se permiten solo unos pocos valores discretos para el parámetro modulado; si la separación entre estos valores es grande en comparación con las perturbaciones de ruido, será algo sencillo decidir en el receptor con precisión los valores específicos que fueron enviados. Así, se pueden eliminar de manera virtual los efectos de ruido aleatorio, lo cual constituye el objetivo de la modulación por pulsos codificados.

Para representar un mensaje analógico en forma digital es necesario aplicar los conceptos de muestreo, cuantificación y codificación.

En la figura 2.6 se muestra el diagrama con los elementos para la generación de PCM. La señal continua pasa primeramente por un filtro pasobajas y después pasa a un muestreador para dar una señal $X_s(t)$. Los valores muestra se redondean o cuantifican al valor discreto predeterminado más próximo o nivel cuántico. La señal muestreada y cuantificada resultante $X_{sq}(t)$ es discreta en tiempo (en virtud del muestreo) y en amplitud (en virtud de la cuantificación). Por último, $X_{sq}(t)$ pasa a un codificador que convierte las muestras cuantificadas en palabras de código digital, apropiadas con una palabra de código por cada muestra, y genera la correspondiente señal de PCM como una forma de onda digital. Nótese que la figura 2.6 es un convertidor analógico/digital.

De manera obvia, los parámetros de la señal codificada dependen del número de niveles cuánticos Q , porque cada palabra de código deben representar exclusivamente una de las posibles muestras

cuantificadas. Para indagar la relación, sea v el número de dígitos en la palabra de código teniendo cada uno de los valores discretos. Puesto que hay μ^v palabras de código posibles diferentes se requiere que $\mu^v \geq Q$ para una codificación única. Por lo tanto, cuando se eligen los parámetros de tal manera que la igualdad se cumpla, entonces

$$\mu^v = Q \quad v = \log_{\mu} Q$$

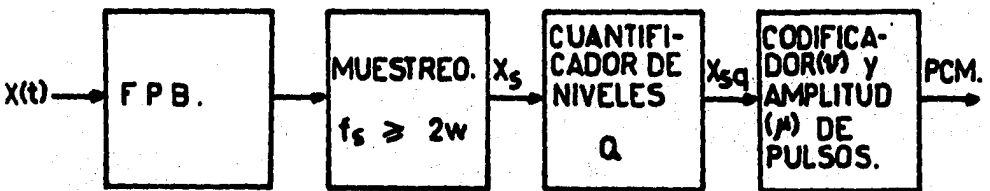


FIGURA 2.6 SISTEMA DE GENERACION DE PCM

Examinando estas ecuaciones se ve que, si $\mu = Q$, entonces $v = 1$, y la señal cuantificada no requiere translación de código. sin embargo, en general, $\mu < Q$ y $v > 1$. La forma más común de modulación por pulsos codificados es la cuantificación binaria para la cual $\mu = 2$; el número de niveles cuánticos se toma entonces como alguna potencia de 2, a saber, $Q = 2^v$.

La figura 2.7 ilustra estas operaciones para PCM binaria. Se muestran 8 niveles cuánticos correspondientes a $\pm 1/8, \pm 3/8, \dots, \pm 7/8$, por lo que los niveles están espaciados de manera uniforme en $2(1/8) = 2/Q$ e incluyendo el redondeo, ellos cubren el intervalo de -1 a 1 , lo cual es consistente con la conversión de normalización $|x(t)| \leq 1$. Se asigna un número de código $0, 1, \dots, 7$ a cada nivel cuántico y la palabra código binaria es simplemente el equivalente binario del número de código, por ejemplo, $5 \rightarrow 101$, etc. Se necesitan 3 dígitos binarios por palabra de código, puesto que $v = \log_2 8 = \log_2 2^3 = 3$

2.2. Técnicas de Multiplexaje

Se define el multiplexaje a la técnica de acomodar distintos

mensajes en un sólo canal de transmisión, por ejemplo, de voz, datos, telegrafía, etc.; es decir, que existen diferentes dispositivos que, mediante esta técnica, pueden trabajar conjuntamente a través de un multiplexor. Pueden ser; por ejemplo, varias impresoras, lectoras de tarjetas, cintas de papel, varios puertos de un computador con sus respectivas direcciones; en donde los bits que se envían o se reciben de los dispositivos se mezclan, de algún modo, mientras recorren el mismo canal de transmisión.

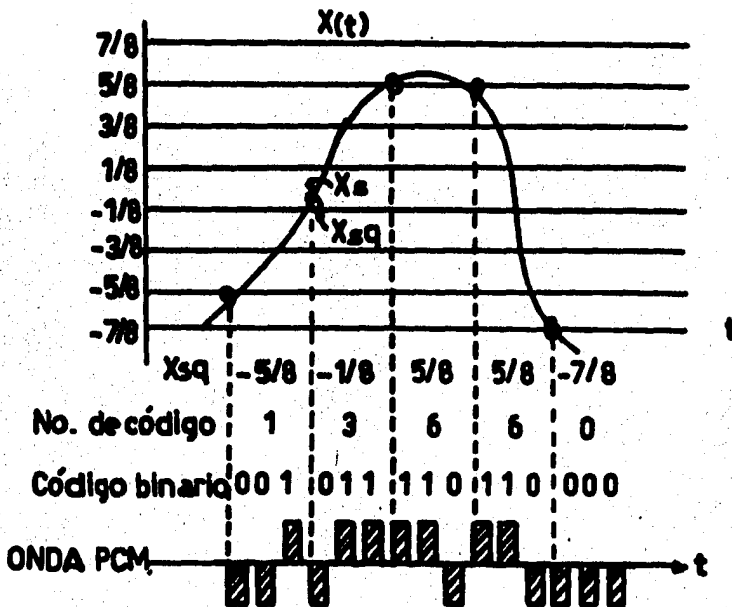
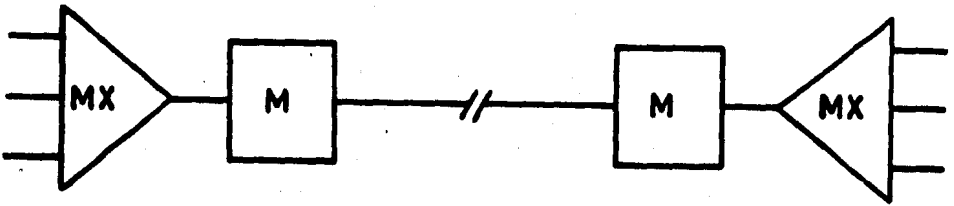


FIGURA 2.7. OPERACIONES DE PCM BINARIO

El multiplexor es un dispositivo que tiene la función de recibir, transmitir y controlar datos simultáneamente. Con el uso del multiplexaje, se ahorra, esencialmente el costo de circuitos innecesarios y sobre todo para lograr la mayor eficiencia del equipo de comunicación. En la figura 2.8 se muestra la configuración básica de un sistema de multiplexaje.



M-Modem

Mx-Multiplexor

FIGURA 2.8 CONFIGURACION BASICA DE UN SISTEMA DE MULTIPLEXAJE

Existen básicamente tres tipos de multiplexaje: Multiplexaje por División de Frecuencia (FDM), Multiplexaje por División de Tiempo (TDM), y el Multiplexaje por División de tiempo Estadístico (ETDM). En donde los dos primeros son utilizados en la compañía telefónica para el acceso de usuarios a la red y el tercero se utiliza dentro de la red de transporte, siendo independiente de los otros dos.

2.2.1. Multiplexaje por División de Frecuencia (FDM)

El principio del multiplexaje por división de frecuencia se ilustra en la figura 2.9, en donde varios mensajes de entrada (se muestran cuatro) modulan en forma individual a las subportadoras fc_1 , fc_2 , etc., antes de que pasan a través de filtros pasabanda para limitar los anchos de banda de los mensajes. Luego se suman las señales moduladas para producir la señal de banda base X_b , antes de efectuar la modulación final de la portadora.

Suponiendo que se escogen en forma apropiada las frecuencias subportadoras, la operación del multiplexaje asigna una ranura en el dominio de la frecuencia para cada uno de los mensajes en forma modulada.

La recuperación del mensaje o la demodulación del multiplexaje por división de frecuencia se hace en tres pasos (ver figura 2.10). Primero, el demodulador de portadora reproduce la señal de banda base X_b . Luego se separan las subportadoras moduladas por medio de

filtros pasobanda en paralelo, y en seguida se detectan cada uno de los mensajes.

Por ejemplo, en la compañía telefónica se utiliza el Sistema Bell para Multiplexaje por División de Frecuencia como se ilustra en la figura 2.11.

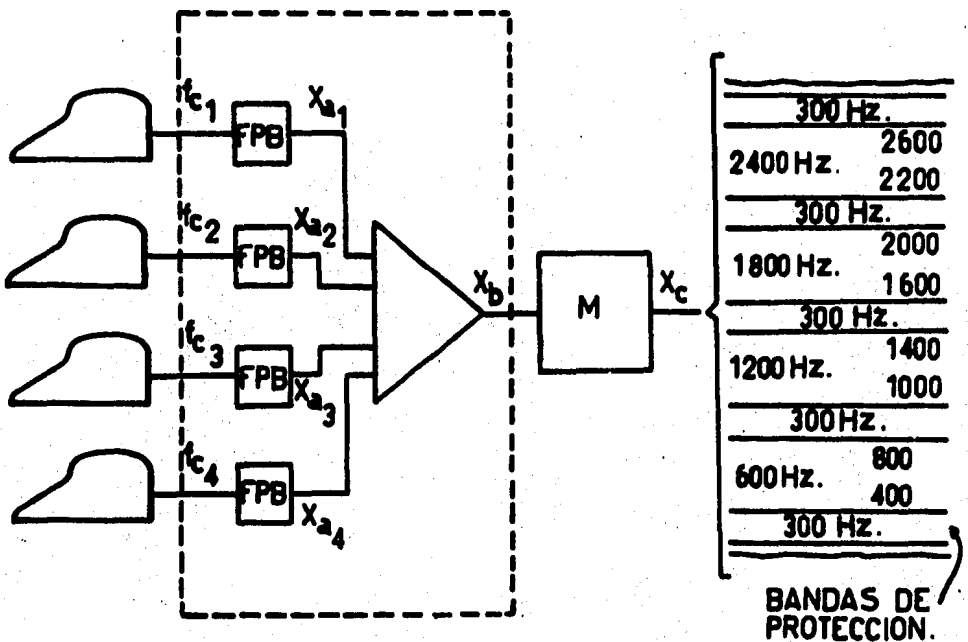


FIGURA 2.9 MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE FRECUENCIA (FDM).

2.2.2. Multiplexaje por División de Tiempo (TDM).

El multiplexaje por división de tiempo es una técnica para transmitir varios mensajes, dividiendo el dominio del tiempo en ranuras (slots), una para cada mensaje.

La esencia del multiplexaje por división de tiempo es muy sencilla, como se ilustra en la figura 2.12.

Las diferentes señales de entrada, todas de banda limitada en W por los filtros pasobajas de entrada, están muestreadas en forma

secuencial en el multiplexor por medio de un conmutador sincronizado. El conmutador efectúa una revolución completa en

$$T_s = 1/2w$$

en donde T_s = espaciamento entre muestras, w = frecuencia de la señal (que es el Teorema de Muestreo Uniforme), extrayendo una muestra de cada entrada, por lo que la salida del conmutador contiene las muestras individuales de mensajes entrelazadas en forma periódica en el tiempo. Si hay M entradas, el espaciamento entre pulsos es $T_s/M = 1/Mf_s$, mientras que el espaciamento entre muestras sucesivas de una entrada cualquiera es, por supuesto, T_s . A un conjunto de pulsos formado de una muestra de cada entrada, se le designa como cuadro.

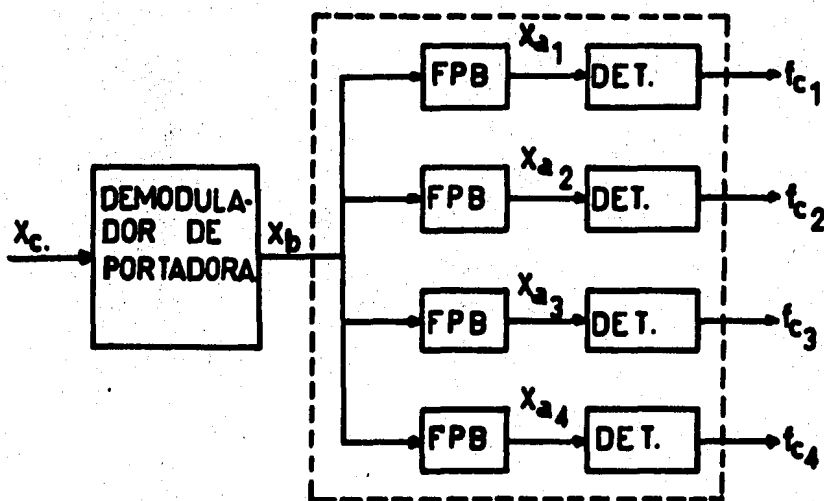


FIGURA 2.10 DEMODULACION DEL FDM.

En el receptor el demodulador separa las muestras y las distribuye a un banco de filtros paso-banda el cual a su vez reconstruye los mensajes originales. Los valores muestra entrelazados se pueden convertir en forma directa a PDM, PAM, o por PCM, como se ilustra en la figura 2.13. En efecto, la modulación por pulsos codificados multiplexados por división de tiempo es la que más se emplea en telefonía.

CANALES DE VOZ.
0 a 4 KHZ.

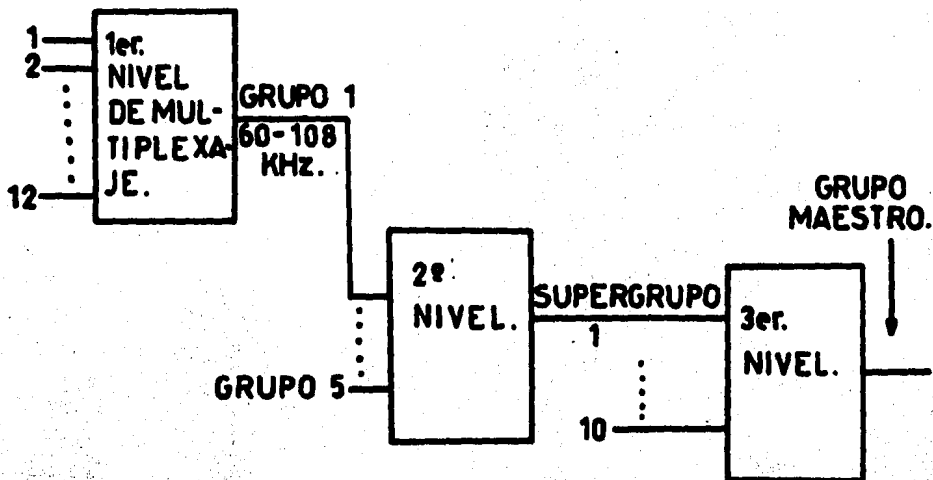


FIGURA 2.11 SISTEMA BELL PARA FDM

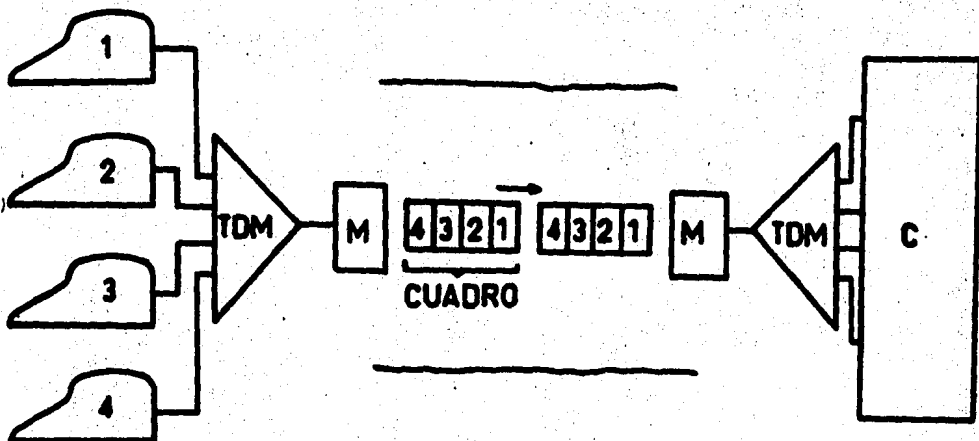


FIGURA 2.12 MULTIPLEXAJE PARA DIVISION DE TIEMPO (TDM)

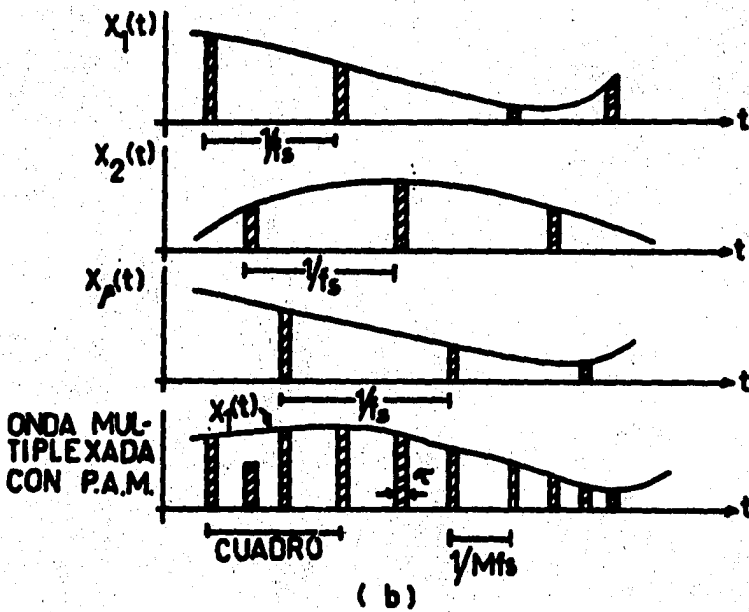
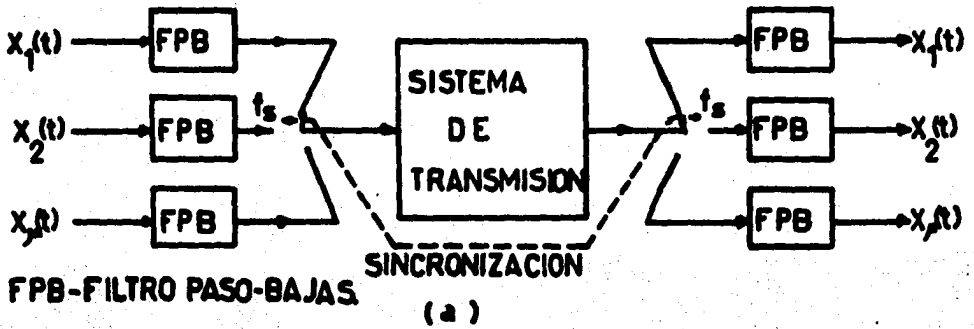


FIGURA 2.13 SISTEMA DE MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE TIEMPO (TDM)

- a) Diagrama a Bloques
 b) Formas de Ondas

2.2.3. Multiplexaje por División de Tiempo por Demanda (Multi-plexaje Estadístico)

En el método de multiplexaje por división de tiempo cada canal tiene su propio slot en un cuadro (o trama) el cual se repite regularmente en forma constante y la capacidad de transmisión garantizada esta disponible para cada uno de los subcanales. Por ejemplo, si observamos el uso que se esta haciendo de estos subcanales, podemos encontrar que la mayoría de las veces no se esta transportando información en ellos y que no habrá demanda para su uso. En la figura 2.14 se muestran 5 dispositivos terminales entrantes, los cuales entregan bloques de datos a intervalos aleatorios a el multiplexor por demanda (o estadístico). Debido a que ellos estan disputando el uso del canal de salida, estos bloques deberán ser almacenados en algún lugar de la entrada, que en este caso son memorias de almacenamiento instantáneo (buffers).

Un Conmutador, puede conectar cualesquiera de estas memorias (buffers) que esten completas a la línea de salida y tratará siempre de encontrar un slot vacío para depositar la información contenida en él. Por lo tanto, el dispositivo de control deberá tener un indicador de ocupado al ser solicitado.

Si este multiplexor estuviera operando en el modo clásico (TDM), el conmutador giraría regular y constantemente de tal manera que la simple secuencia de bloques en la línea de salida indicaría cual de ellos seguiría en turno. En este caso cada bloque deberá ser definido por una dirección ligada a éste como un pequeño encabezado, el cual es proporcionado por el dispositivo de control.

Con el multiplexor estadístico más líneas de entrada pueden ser soportadas que con un multiplexor por división de tiempo o multiplexor por división de frecuencia (para una línea de velocidad dada). Por ejemplo, un multiplexor estadístico típicamente puede soportar hasta 120 terminales asíncronas de 300 bits/seg., con una Línea de salida única de 9600 bits/seg., en oposición al máximo de 32 usando un multiplexor por división de tiempo.

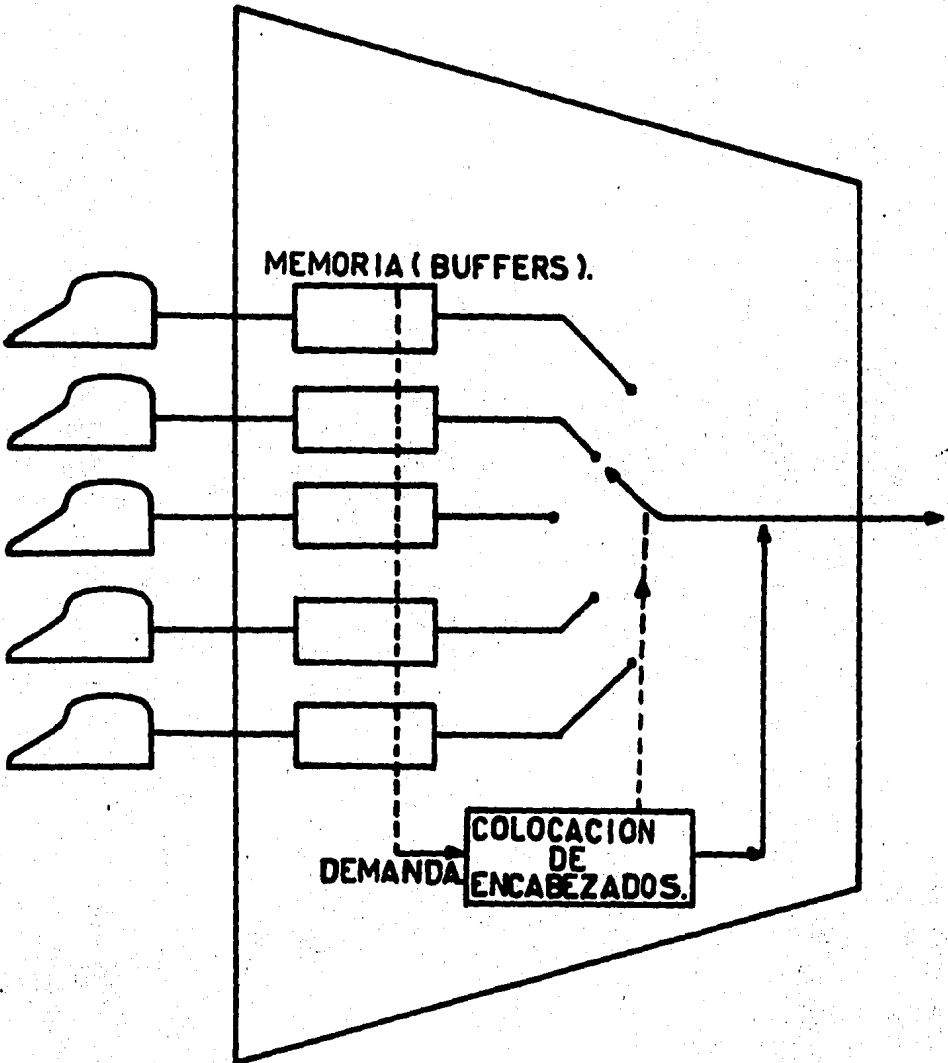


FIGURA 2.14 MULTIPLEXOR ESTADISTICO (O POR DEMANDA).

2.3. Medios de Transmisión

Entendemos por Medio de Transmisión cualquier material, elemento o dispositivo capaz de trasladar señales eléctricas de un punto a otro.

Para telefonía y otras formas de comunicación eléctrica comúnmente se emplean dos tipos generales de medios de transmisión: las líneas de transmisión y el espacio atmosférico. Entre las líneas de transmisión que más se han empleado, se encuentran: la línea abierta o aérea, los cables múltiples y el cable coaxial. El espacio atmosférico se emplea como medio de transmisión para los circuitos por radio en VHF y microondas (UHF y SHF).

La Línea abierta o aérea, fué de los primeros medios de transmisión alámbricos, pero debido a lo costoso de su instalación y a la baja capacidad de comunicación, surgió la necesidad de idear otros tipos de líneas de transmisión más eficientes.

Los cables múltiples se construyeron para aumentar la capacidad de las redes de comunicación, debido a que sus características físicas protegen a los circuitos de las interferencias eléctricas provenientes del exterior.

El cable coaxial se emplea para la transmisión de grandes anchos de banda, (1MHZ - 1GHZ) es decir, con sistemas de alta capacidad.

Los circuitos por radio de punto a punto que emplean el espacio atmosférico como medio de transmisión, pueden explotarse en la banda de Muy Alta Frecuencia VHF (50-500MHZ) o aún a frecuencias superiores (microondas), como el UHF (500MHZ a 5 GHZ) y el SHF (5-50 GHZ).

En la actualidad y con amplias perspectivas para el futuro, para la comunicación entre continentes se emplean satélites artificiales, cuyo medio de transmisión es el espacio atmosférico.

2.3.1. Parámetros primarios de las líneas de transmisión.

Se conocen como parámetros primarios de una línea de transmi---

sión a las cantidades L, C, R y G, donde L es la inductancia distribuida de la línea, dada en Henrys por unidad de longitud; representa la inductancia tanto interna como externa de los conductores. C es la capacitancia distribuida entre los conductores de la línea, se mide en farads por unidad de longitud. R es la resistencia distribuida de los conductores, se mide en ohms por unidad de longitud, representa la imperfección del material conductor de la línea. G es la conductancia distribuida y se mide en mhoms por unidad de longitud; representa las fugas de energía por imperfección de aislamiento entre conductores, por ejemplo, el dieléctrico entre conductores.

Las ecuaciones de estos parámetros son:

$$R = 2 r l / A$$

donde

r = resistencia específica del material conductor.

l = longitud en metros del conductor

A = área del conductor en mm^2 .

$$L = (0.921 \log(b/a) + 0.10 K\phi) 10^{-6} \text{ Henrys/m.}$$

$$C = 12.08 \times 10^{-12} / (\log b/a) \text{ Farads/m}$$

donde

a = radio de cada conductor

b = espaciamiento entre centro de los conductores

$K\phi$ = constante de permeabilidad y efecto superficial - igual a 1 para conductores no magnéticos, corriente directa y conductores sólidos. Es prácticamente cero (0) a radiofrecuencia.

2.3.2. Parámetros secundarios de la línea de transmisión

Se conocen como parámetros secundarios de una línea de transmisión, la impedancia característica Z_0 y la constante de propagación γ . Una vez determinados los parámetros primarios (R, L, C y G), se definen los parámetros secundarios los cuales se expresan mediante las siguientes ecuaciones

$$Z_0 = \sqrt{Z/Y} = \sqrt{R+j\omega L / G+j\omega C}$$

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

en donde Z y Y son la impedancia y admitancia por unidad de longitud de la línea. La parte real de γ se conoce como constante de atenuación (α) y la parte imaginaria como constante de fase (β).

$$\gamma = \alpha + j\beta$$

La constante de atenuación se calcula como:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2} \left(\sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} + RG - \omega^2 LC \right)}$$

en nepers por unidad de longitud.

La constante de fase se calcula como:

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2} \left(\sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} - RG + \omega^2 LC \right)}$$

en radianes por unidad de longitud.

La velocidad de propagación en la línea queda definida por

$$v = \omega / \beta \text{ m/seg.}$$

2.3.3. Máxima capacidad de un Canal de Comunicación.

La capacidad es una medida de la cantidad de información que un canal puede transferir por unidad de tiempo. Entonces la máxima capacidad de un canal está dada por el ancho de banda y la relación señal a ruido S/N, como:

$$C_{\text{máx.}} = W \log(1 + S/N) \text{ bits/seg.}$$

donde

$C_{\text{máx.}}$ = capacidad máxima del canal (bits/seg.)

W = ancho de banda (Hertz).

S = potencia de la señal

N = potencia del ruido térmico.

Esta ecuación es conocida como la ley de Hartley Shannon, que está definida en términos de los parámetros que se aplican lo mis-

mo a canales discretos que a canales continuos. En donde un canal discreto se define como aquel que transmite información en forma sucesiva, suponiendo diferentes estados eléctricos, disjuntos-niveles de voltaje, frecuencia instantánea, etc., y al canal continuo se le caracteriza como aquel en el cuál los mensajes se representan como formas de onda, es decir, funciones continuas del tiempo.

Esta ley expresa la forma óptima absoluta con que se puede obtener una transmisión de información segura, dados los parámetros del canal, y en caso de una velocidad de información específica, expresa que se puede reducir la potencia de la señal, siempre y cuando se incremente el ancho de banda en una magnitud apropiada, y viceversa. Es decir, que especifica el intercambio posible OPTIMO y además implica que es posible la comprensión del ancho de banda. Para aclarar, supongase que se desea transmitir datos digitales a una velocidad de 30,000 bits/seg. De acuerdo con lo expresado anteriormente, se podría emplear un canal que tenga un ancho de banda $B = 30 \text{ Khz.}$, y una relación $S/N = 1$, por tanto:

$$C = 30,000 \text{ Log}(1+1) = 30,000 \text{ bits/seg.}$$

En forma alterna, se puede reducir el ancho de banda a 3,000 Hertz si la potencia se incrementa en un factor de 1,000, o sea, $S/N = 1,000 = 30 \text{ dB}$. En forma incidental, los últimos parámetros son típicos de circuitos telefónicos de voz normales; pero cuando se emplean para señales digitales, la velocidad de los datos es normalmente de 9,600 bits/seg., o menor, indicando un considerable espacio para un empleo ventajoso.

2.3.4. Ruido

Las señales indeseables que afectan a las señales de datos son las siguientes:

Ruido Blanco o Gaussiano

Es el ceceo de fondo o estática conocido en radios y teléfonos. Se debe a la agitación térmica de electrones, y por ello, es inevitable. Incluso si el equipo utilizado fuera perfecto y las líneas estuvieran perfectamente aisladas de toda interferencia

externa, todavía se contaría con cierto ruido blanco, el que por lo general no es un problema a menos que su nivel sea tan elevado que altere la transmisión de datos. A veces el ruido de otras fuentes como la inducción de las líneas eléctricas, modulación cruzada de líneas adyacentes y un conglomerado de señales aleatorias semeja ruido blanco y así se denomina, aunque no se deba a agitación térmica de electrones.

Ruido de Impulsos

(Que a veces se llama agujas). Es el que se genera en la fuente primordial ocasionando errores en la comunicación de datos. Un ruido de impulso puede durar hasta un centesimo de segundo. Un impulso de esta duración se escuchará como un ruido de 'click' durante las comunicaciones pero puede alterar un grupo de bits de datos provocando un error de ráfaga en una línea de comunicación de datos. A razón de 150 bps, una aguja de 1/100 de segundo cambia 1 ó 2 bits, en tanto que a 4,800 bps, se cambian 48 bits. Algunas de las fuentes del ruido de impulsos son cambios de voltaje en líneas adyacentes o circuitos que rodean la línea de comunicación de datos, equipo de conmutación en las oficinas telefónicas, arcos eléctricos (chispas) de los relevadores o interruptores en oficinas telefónicas antiguas, tonos utilizados por la señalización de la red, equipo de mantenimiento durante las pruebas de líneas y relampagos durante las tormentas.

Ruido de Intermodulación

Es un tipo especial de ruido, en donde las señales de dos líneas se intermodulan y forman un producto que cae dentro de una banda de frecuencias que difiere de ambas entradas. Esta frecuencia resultante puede caer dentro de una banda de frecuencias reservada para otra señal. En una línea de transmisión, muchas señales distintas se amplifican juntas y las ligeras variaciones en el ajuste del equipo pueden provocar ruido de intermodulación. Un modem mal ajustado puede transmitir un tono de frecuencia intenso cuando no está transmitiendo datos, produciendo así este tipo de ruido.

Atenuación

Es la pérdida de potencia que sufre la señal al pasar desde el dispositivo transmisor al receptor. Es el resultado de que el medio de transmisión absorba o pierda potencia antes de que llegue al receptor. A medida que el medio de transmisión absorbe esta potencia, la señal se debilita y el equipo receptor tiene menos posibilidades de interpretar correctamente los datos. Para evitar esto, las líneas telefónicas tienen repetidoras (también llamadas amplificadoras) instaladas a cierta distancia entre sí. La distancia depende de la cantidad de pérdida de potencia por longitud ordinaria de la línea de transmisión. La pérdida de potencia también es función del método y medio de transmisión. Además, la atenuación aumenta con la frecuencia e inversamente con el diámetro del alambre.

Distorsión por Atenuación

Ocurre cuando las altas frecuencias pierden potencia con mayor rapidez que las bajas frecuencias durante la transmisión, lo que puede hacer que la señal recibida sea distorsionada por una pérdida desigual de sus frecuencias componentes.

Distorsión por Retraso

Esta puede provocar errores en la transmisión de datos y ocurre cuando una señal se retrasa más a ciertas frecuencias que a otras. Si el método de transmisión de datos comprende datos transmitidos a dos frecuencias distintas, los bits transmitidos a una frecuencia pueden viajar ligeramente más rápido que los transmitidos a otra. Una unidad de equipo, llamada igualador (o equalizador) compensa tanto la distorsión por atenuación como por retraso.

2.4 Códigos de Detección y Corrección de Errores.

En cualquier canal de comunicación existen factores como el ruido y distorsión que alteran la señal de información transmitida. Cuando la señal es voz, la alteración no es tan perjudicial por la naturaleza redundante de una comunicación humana. No ocurre lo mismo si la comunicación es de datos y los extremos transmisor y recep-

tor son máquinas en lugar de seres humanos. En este caso la protección de los datos transmitidos de posibles alteraciones o distorsiones en el canal de comunicación es de gran importancia, recurriéndose con este fin a la utilización de códigos detectores y correctores de error.

La manera de corregir los errores una vez detectados puede realizarse solicitando al transmisor la repetición del mensaje erróneo o bien efectuándose la corrección en el propio mensaje sin intervención del transmisor. Este último método requiere de técnicas de codificación más sofisticadas así como la transmisión de tantos o más bits de control de errores que bits de datos. Es ésta una de las razones por lo que es menos utilizada en la práctica en nuestros días.

El método de retransmisión del mensaje es en la actualidad el más usado en la corrección de errores. La disponibilidad de un canal de retorno del receptor al transmisor para indicarle a éste que ha habido error y solicitarle la retransmisión del bloque de datos erróneo, al mismo tiempo que se transmite el mensaje normal, aumenta la eficiencia de transmisión. La solicitud de retransmisión puede realizarse también a través del canal principal sin necesidad del canal de retorno, interrumpiéndose para ello la transmisión de datos de transmisor a receptor, lo que baja la eficiencia de la transmisión.

La figura 2.15 muestra un diagrama a bloques de un sistema de transmisión de datos con detección de errores y corrección por el método de retransmisión.

La terminal transmisora estructura las secuencias de datos en bloques, los almacena y los transmite hasta tener la evidencia de que fueron recibidos correctamente por el receptor o si hay notificación de error los retransmite, además agrega bits de control y de sincronización y controla normalmente el circuito de transmisión.

Los bloques de datos pasan luego al codificador donde se adicionan los bits de paridad que son determinados en base a una ley de los bits de datos. Los bits de paridad permiten al receptor conocer si ha habido o no error en la transmisión.

Si cada bloque de datos contiene K bits de información y $n-K$ bits de paridad, al código se dice que es un código de bloque (n, K) con una eficiencia $R = K/n$.

El bloque codificado de datos es adaptado por el modulador a la forma analógica de modo que pueda transmitirse adecuadamente sobre el canal de comunicación.

En el extremo receptor el bloque es demodulado y es entregado a la terminal receptora a través del decodificador el cual determina también los bits de paridad de los bits de datos recibidos en base a la misma ley utilizada en el transmisor y los compara con los bits de paridad recibidos. Si no hay discrepancia el bloque es entregado a su destino y la terminal receptora notifica a la terminal transmisora a través del canal de retorno o del canal principal (si no existe aquél) que el bloque ha sido correctamente recibido (carácter ACK). Si hay discrepancia quiere decir que hubo error, entonces la terminal transmisora es notificada con un carácter NAK (Not Acknowledge) y el bloque de datos es retransmitido. Cada bloque de datos es almacenado en la terminal transmisora hasta que un carácter ACK (Acknowledge o reconocimiento positivo) es recibido.

Los códigos detectores de error más usuales son:

- Paridad par e impar
- M fuera de N.
- Paridad vertical y horizontal
- Chequeo de Redundancia Cíclica

2.4.1. Código Detector de error de paridad par e impar.

En este método se agrega un bit llamado de paridad a cada carácter de datos para hacer que el número de bits 1 o bits 0 sea par o impar. Si por ejemplo se acuerda paridad par sobre los unos, con cada carácter de datos transmitidos se transmite al final un bit que puede ser 1 ó 0 dependiendo de que el número de unos del carácter transmitido sea par o impar. Si este número es impar el bit que se transmite al último (bit de paridad) será 1. En cambio si el número de unos en el carácter es par, el bit de paridad será 0. De este

modo el número de bits 1 en cada caracter codificado incluyendo al bit de paridad es par, lo cual permite al receptor determinar si ha habido error en la transmisión, ya que sabe que cada caracter debe contener siempre un número par de unos.

Como ejemplo ilustrativo consideramos 5 caracteres numéricos representados por el código de transmisión BCD 8421. Si se usa paridad par sobre los unos, el bit de paridad que se transmite al final de cada caracter será el indicado en la siguiente Tabla.

Dígito Decimal	Representación BCD 8421 incluyendo la paridad.
1	0 0 0 1 <u>1</u>
2	0 0 1 0 <u>1</u>
3	0 0 1 1 <u>0</u>
4	0 1 0 1 <u>0</u>
5	0 1 1 1 <u>1</u>

bits de paridad

Nótese que si hay un número par de bits erróneos en cada caracter, el receptor no podrá detectarlos. Con este código solo es posible detectar un número impar de errores. Sin embargo, la probabilidad de que haya 2 o más errores en un caracter es pequeña, como lo prueba el siguiente cálculo.

Sean:

n = número de bits en un caracter transmitido.

p = probabilidad de que un bit sea recibido erróneamente.

Por consiguiente la probabilidad de que sea recibido correctamente será $(1-p)$.

La probabilidad de que el primer bit del caracter sea erróneo y todos los demás correctos, es:

$$P(1-p)_1(1-p)_2 \dots P(1-p)_{n-1} = P(1-p)^{n-1}$$

y la probabilidad de que el segundo sea erróneo y todo los demás correctos será, igualmente

$$P(1-p)_1(1-p)_2 \dots (1-p)_{n-1} = P(1-p)^{n-1}$$

Por tanto la probabilidad de que haya un bit erróneo cualquiera en los n bits transmitidos será la probabilidad de que el primero sea el erróneo o el segundo o el tercero, etc., es decir esta probabilidad será

$$nP(1-P)^{n-1} \quad (4,1)$$

En general la probabilidad de que haya r errores en n bits transmitidos esta dada por:

$$\frac{n!}{r!(n-r)!} P^r(1-P)^{n-r} \quad (4,2)$$

Ejemplo: Se va a transmitir un mensaje sobre un canal cuyo régimen de error es de 10^{-4} , es decir, hay en promedio un bit de error en cada 10,000 transmitidos.

¿Cuál es la probabilidad de que en un carácter transmitido del código BCD 8421 (4 bits de información y 1 de paridad) haya 1 bit erróneo?

¿Y cuál que haya 2 bits erróneos?

¿Cuál es la probabilidad de que no se detecte el error?

Empleando la ec. (4,1), la probabilidad de que haya 1 bit erróneo es:

$$5 \times 10^{-4} (0.999)^4 = 5 \times 10^{-4}$$

y la probabilidad de que haya 2 bits erróneos, ec.(4,2) es:

$$10P^2(1-P)^3 = 10(10^{-8})(0.999)^3 = 10^{-7}$$

y de (4,1)

$$5(10^{-16})(0.999) = 5 \times 10^{-16}$$

La probabilidad de no detectar el error es la probabilidad de que haya un número par de bits erróneos; es decir, la probabilidad de que haya 2, 4 u 8 bits erróneos, o sea:

$$\begin{aligned} \text{Prob., de no detectar} & \quad \text{Prob., de que haya 2 bits erróneos} \\ \text{un error} & \quad = \quad + \text{prob.. de 4 bits erróneos} + \dots \end{aligned}$$

$$= 10^{-7} + 5 \times 10^{-16} + \dots 10^{-7}$$

como se ve la probabilidad de que haya 2 bits erróneos es muy pequeña.

La ventaja de los códigos de paridad par e impar son:

- a) Código simple, de fácil implementación.
- b) No está restringido el número de combinaciones posibles.

La desventaja es que un número par de bits erróneos no es detectado.

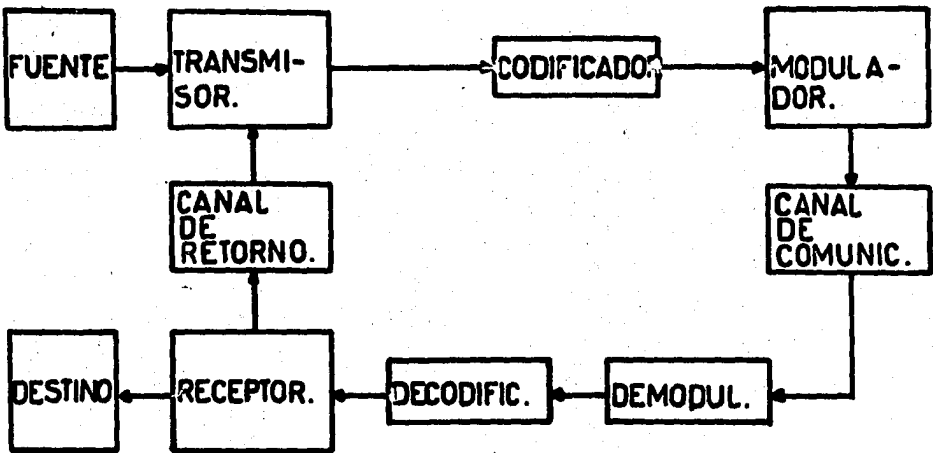


FIGURA 2.15 SISTEMA DE TRANSMISION DE DATOS, CON DETECCION Y CORRECCION DE ERRORES POR RETRANSMISION.

2.4.2 Código Detector de error M fuera de N.

En este tipo de códigos detectores de errores hay una relación constante entre el número de bits 1 y el bits 0 que se combinan para codificar un carácter. Esta relación constante entre ceros y unos permite al receptor determinar si uno o más bits han sido alterados por el ruido u otros factores en el canal de transmisión.

El número de combinaciones posibles Q (número de caracteres que se pueden representar) de un código M fuera de N está dado por la expresión:

$$Q = \frac{N!}{M! (N-M)!}$$

donde:

N = número total de bits de cada caracter

M = número de bits que son 1.

Los códigos M fuera de N más usuales son:

- 2 fuera de 5
- 4 fuera de 8

El código 2 fuera de 5 representa cada caracter por una combinación de dos bits 1 y tres bits 0 (fig. 2.16). El número de combinaciones posibles en este caso se obtiene aplicando la ecuación anterior, dando como resultado.

$$Q = \frac{5!}{2!(5-2)!} = \frac{5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1}{2 \times 1 \times (3 \times 2 \times 1)} = \frac{120}{12} = 10$$

1 1 0 0 0	Como se ve en la figura 2.17 cada combinación
1 0 1 0 0	difiere de otra en dos dígitos binarios al menos
1 0 0 1 0	(la distancia de Hamming es 2). En esta forma
1 0 0 0 1	un bit erróneo en un caracter lo convierte en
0 1 1 0 0	otro caracter no válido dentro del código, lo
0 1 0 1 0	cual permite al receptor detectar el error. La
0 1 0 0 1	limitación del código 2 fuera de 5 es el poco
0 0 1 1 0	número de combinaciones que permite, solo 10,
0 0 1 0 1	por lo que su uso común es en transmisión de
0 0 0 1 1	dígitos decimales.

FIGURA 2.16.

El código 4 fuera de 8 es una combinación de 4 bits 0 y 4 bits 1. Cualquier error que altera esta relación es detectado. El número de palabras de código 4 fuera de 8 son:

$$Q = \frac{N!}{M!(N-M)!} = \frac{8!}{4!(8-4)!} = 70$$

Este código ofrece mayor protección contra el ruido que los métodos de comprobación de paridad, pero la redundancia necesaria para lograrlo no lo ha hecho de uso general.

2.4.3. Códigos Detectores de error de paridad vertical y horizontal. (VRC y LRC).

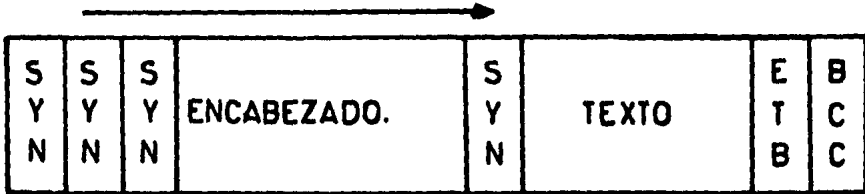
Los métodos de detección de error VRC (Vertical Redundancy Check) y LRC (Longitudinal Redundancy Check) son usados en la transmisión de caracteres en código ASCII y por lo tanto son de los más empleados en la comunicación de datos. Pueden usarse en forma independiente o como es común en forma asociada.

En el método VRC a cada carácter del código ASCII al ser transmitido se le hace una comprobación de paridad y se agrega al final un bit de paridad que puede ser 1 ó 0 según el número de bits 1 del carácter y la paridad escogida (par o impar).

En el método LRC, los caracteres sucesivos del bloque de datos transmitidos son sumados (suma de modulo 2) al contenido de un registro BCC (Block Character Check) y son simultáneamente transmitidos sobre la línea de comunicación. Así, cada bit del carácter BCC sirve como una comprobación de paridad sobre todos los bits de datos que están en las posiciones correspondientes a esos bits, incluyendo el bit de posición de paridad VRC. La figura 2.17 ilustra el método VRC y LRC con caracteres del código ASCII.

En este ejemplo el carácter J es el que se transmite primero y el carácter A es el último.

Después de que el último carácter del mensaje ha sido sumado al registro BCC, el contenido de éste, que constituye al carácter BCC, es transmitido inmediatamente en el canal de comunicación. En esta forma la secuencia de la transmisión (considerándola síncrona) es:



El registro BCC es puesto a 0 (borrado) al final de cada transmisión del bloque de datos después del caracter ETB.

En el extremo receptor se hace la comparación de la paridad sobre cada caracter recibido. Después es también sumado (suma de módulo 2) al contenido de un registro BCC. Cuando el último caracter de datos (indicado por el caracter ETB) ha sido recibido, el contenido del registro BCC debe ser idéntico al caracter BCC generado y transmitido por el transmisor. Por esto cuando este caracter es sumado al registro BCC del receptor el resultado debe ser igual a cero. De otro modo ha habido error en la transmisión.

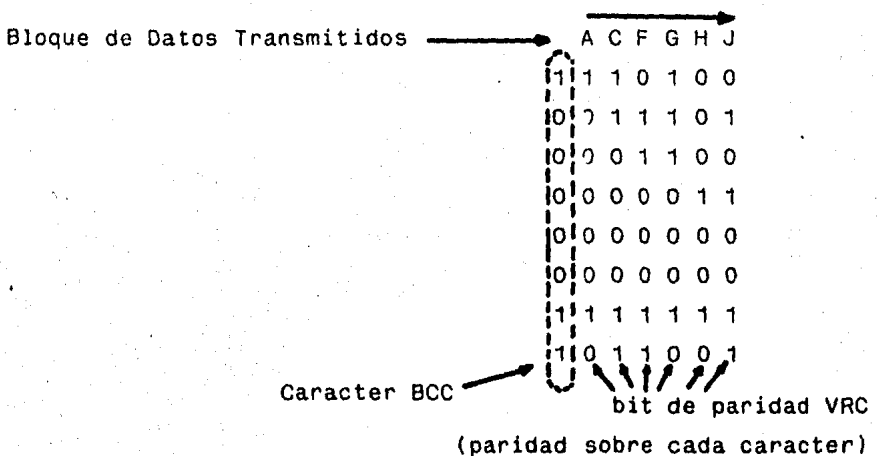


FIGURA 2.17

El método VRC/LRC detecta todos los modelos de error envolviendo un número impar de bits erróneos dentro de al menos uno de los caracteres del bloque de datos (por medio del método VRC) o un número impar de bits erróneos en al menos una de la posiciones de bits de todos los caracteres (a través del método LRC).

2.4.4. Código de Chequéo de Redundancia Cíclica

En este método de detección de errores es calculado el chequéo de redundancia usando los bits del paquete y este campo es sumado al mismo paquete antes de su transmisión. En el extremo receptor el chequéo de redundancia es calculado en la misma forma, obteniéndose un resultado, el cual deberá estar de acuerdo con el campo de chequéo recibido. si se detecta un error se establece un procedimiento de tal manera que los paquetes erróneos sean retransmitidos. Lo anterior se efectúa usando reconocimiento para cada paquete enviado. Esto justifica el uso de una cantidad limitada de espacio en la memoria (buffers) del extremo receptor ya que cualquier congestión en el conmutador de paquetes retardaría los reconocimientos y pararía el flujo entrante de mensajes. Esta propiedad es un ejemplo de control de flujo.

Hay también la posibilidad de que algunos paquetes sean perdidos completamente, lo que puede ser prevenido teniendo los números de secuencia de los paquetes en el transmisor y checarlos con los números de secuencia en el extremo receptor.

CAPITULO 3

Generalidades de Redes de Comunicación de Datos

3.1 Descripción de un Sistema típico de Transmisión de Datos.

Un Sistema de Transmisión de Datos se define como el conjunto de dispositivos que permiten el transporte de información codificada. En estos sistemas los datos vienen siendo la información que ha sido tomada de una fuente que pueden ser órdenes de pago, marcas de producción, nóminas, etc., o bien de un medio de almacenamiento como lo son la cinta magnética, tarjeta perforada, discos, etc.

Dentro de un punto de vista más estricto, se pide que el transporte de datos se realice en forma rápida y sin alteraciones; pero hay muchos detalles en un sistema de comunicación que lo hacen ver muy complejo. Hay dos razones relacionadas con esta complejidad.

Primero, la comunicación no es barata y el diseño de este sistema de comunicación deberá economizar el uso de trayectorias de transmisión compartiéndolas al mismo tiempo con muchos usuarios.

Segundo, las líneas de transmisión están sujetas inevitablemente al ruido, interferencias y a la interrupción ocasional.

Uno de los propósitos de diseño de los Sistemas de Comunicación es hacer que estos proporcionen a los usuarios una gran confiabilidad.

En la figura 3.1 se muestra la arquitectura de un Sistema típico de Transmisión de Datos en su configuración más elemental.

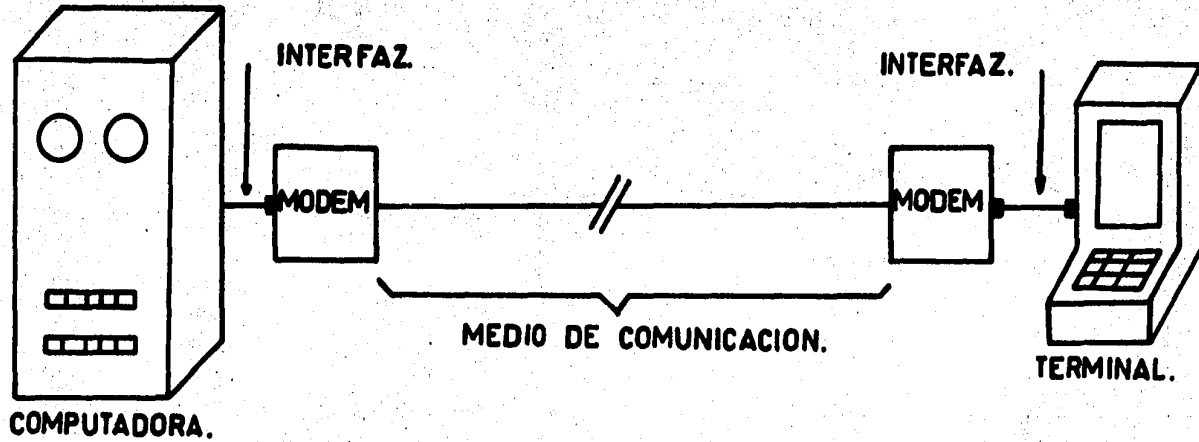


Figura 3.1. Configuración Elemental de un Sistema de Transmisión de Datos

3.2. Componentes de un Sistema de Transmisión de Datos

Básicamente un Sistema de Transmisión de Datos está compuesto por:

- a) Terminal
- b) Medio de Comunicación
- c) Equipo de Procesamiento de Datos
- d) Modem
- e) Interfaz

a) Terminal

La terminal convierte los mensajes que le introduce el usuario por medio del teclado en diferentes combinaciones de pulsos y no pulsos de corriente (que viene siendo un código, por ejemplo el ASCII, el cual es el más empleado).

Las Terminales pueden ser de dos tipos:

- Terminales de diálogo Hombre-Máquina y
- Terminales de Lote Remoto

Las primeras son dispositivos que permiten a un operador entablar una conversación a distancia con la computadora. Entre las principales terminales de este tipo son:

- El Teletipo o Teleimpresor de Teclado
- La Terminal de video o de Tubo de Rayos Catódicos (CRT).

En las Terminales de Lote Remoto la información a transmitir es introducida por medio de tarjetas perforadas, cinta de papel perforado o cinta magnética a los dispositivos de transmisión correspondientes como lectora de tarjetas, lectora de cinta de papel o lectora de cinta magnética. Estas terminales operan en modo síncrono a velocidades generalmente altas.

b) Medio de Comunicación

Es la vía por la cual se va a transmitir la información y puede consistir de un par de hilos físicos, canal de radio de alta frecuencia, canal de microondas, vía Satélite o bien por fibra óptica.

Los dos conceptos fundamentales que deben considerarse en un canal de comunicación son el ancho de banda y la frecuencia, ya que el canal debe ser capaz de transmitir la información en la medida que la fuente los produzca.

Uno de los factores más importantes a considerarse es su velocidad de transmisión. Las líneas caen dentro de tres categorías:

- Grado de Subvoz
- Grado de Voz
- Grado de Banda Ancha

Las líneas de grado de Subvoz transmiten a velocidades de 45 a 150 bits/seg, y son propias para la transmisión de señales de telegrafía y Sistemas similares.

Las líneas de grado de Voz están diseñadas para la transmisión de señales de voz telefónicas en la banda de 300 a 3400 Hz. Estas líneas operan a velocidades de 300 a 9600 bits /seg.

Las líneas de grado de Banda Ancha trabajan a velocidades mucho más altas que la del canal de voz, por ejemplo:

Un canal con un grupo de 12 canales telefónicos puede transmitir alrededor de 50,000 bits/seg., o más.

c) Equipo de Procesamiento de Datos

Es el lugar donde se efectúa el procesamiento del Sistema de transmisión de datos o Teleproceso, en donde se encuentra el Procesador de Comunicaciones conteniendo la Unidad de Procesamiento Central (CPU), entre otros dispositivos, formando una gran variedad de arquitecturas de Sistemas de acuerdo a la función a realizar.

El sistema puede ser en línea (on line) y fuera de línea (off line). En el primero los datos van directamente a la computadora,

siendo ésta la que controla la transmisión de datos.

En el Sistema fuera de línea los datos de comunicación no van directamente hacia la Computadora, sino que son almacenados en dispositivos de memoria como cinta magnética, disco, cinta de papel perforada o tarjeta perforada para procesamiento posterior.

El sistema en línea se dice que trabaja en tiempo real, si el tiempo de respuesta de la computadora a la terminal es suficientemente rápido como para dar la impresión al usuario de que la computadora lo ésta atendiendo únicamente a él; en forma general en un sistema de tiempo real la computadora controla un proceso recibiendo los datos que emergen de él, procesándolos y tomando acciones o retornando resultados en un tiempo suficientemente corto como para afectar el funcionamiento del proceso.

d) Modem (Modulador-Demodulador)

Dado que en la mayoría de los Sistemas de Comunicación de Datos la Red Telefónica constituye el elemento de enlace con los demás componentes del sistema, es necesario para transmitir la información en forma de señales digitales modular una señal portadora con frecuencia de voz y para recuperar la información demodular esa portadora en el lado receptor; aparte de su función básica de la conversión bidireccional entre señales binarias digitales y señales moduladas de frecuencia de voz, el modem realiza funciones de control que coordinan el flujo de información entre equipos digitales de datos, por ejemplo:

- Limita los niveles de la señal de datos
- Genera una señal de reloj para establecer una base de tiempo de sincronía.

Sin embargo, no todos los tipos de modems realizan las funciones anteriores, la velocidad a la que trabajan es un factor que determina cuales operaciones ejecuta.

e) Interfaz

Existe un organismo como la C.C.I.T.T., (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía), que se ha dado a la tarea de nor-

malizar la interfaz eléctrica entre las terminales, modems y equipo procesador de comunicaciones.

Esta interfaz especifica el nivel de las señales de control y datos que se intercambian entre un Modem y una Terminal; todas las señales de Datos son enviadas a través de la interfaz en forma de pulsos de dos Niveles: Unos y Ceros (1 y 0)

La interfaz comprende físicamente un par de conectores tipo 'D' de 25 patillas (Pin's) unidas por un cable Multipar, que conectan la Terminal al Modem (ver fig. 3.2.)

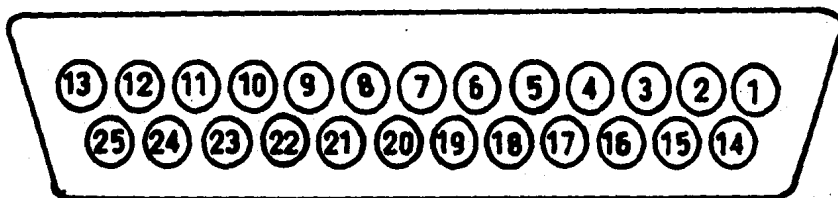


FIGURA 3.2. CONECTOR DE INTERFAZ

Cada hilo puede en cualquier momento llevar un nivel de voltaje correspondiente a un '1' o a un '0' binarios.

El C.C.I.F.T., ha elaborado una interfaz para la conexión terminal - Modem, la cual se denomina Recomendación V.24, la cual se detalla en la Tabla (1).

En Estados Unidos de Norteamérica la interfaz equivalente es la EIA -RS - 232.

La recomendación V.24 es aceptada generalmente en todo el mundo y es aplicable para cualquier tipo de Transmisión de Datos, incluyendo entre otras cosas:

- Velocidad de operación de 0 a 10,000 bits/seg., (aún hasta 20,000 bits/seg.)

- Transmisión síncrona y asíncrona
- Línea Privada o Conmutada
- Enlace Half o Full Duplex 2 ó 4 hilos
- El cable de enlace entre Terminal y Modem no mayor de 15 mts.

Asimismo la interfaz establece:

- El número de señales entre Terminal y Modem
- La dirección de la señal
- La función de la señal
- La característica de la señal

A continuación se ilustran los circuitos de una interfaz digital, así como la dirección de las señales que se conducen de Modem al equipo terminal de datos o viceversa.

Las señales de interfaz son agrupadas en las 4 categorías siguientes:

Señales de Tierra	Tierra de Protección
	Tierra de Señalización
Señales de Datos	Datos Transmitidos
	Datos Recibidos
Señales de Control	Petición para Transmitir
	Listo para Transmitir
	Modem Listo
	Detector de Portadora
Señales de Reloj	Reloj para Transmisión
	Reloj para Recepción

Circuito 101 Tierra de Protección

Es la tierra llamada de 'Chasis', es conectada al bastidor del

TABLA (1) -RECOMENDACION V. 24

HILO CCITT	# DE TERMINAL CONECTOR 'D'	DESCRIPCION (FUNCION)	CATEGORIA
101	1	Tierra de Protección	1
102	7	Tierra de Señalización	1
103	2	Datos Transmitidos	2
104	3	Datos Recibidos	2
105	4	Petición para Transmitir	3
106	5	Listo para Transmitir	3
107	6	Modem Listo	3
108/1	20	Conectar Modem a Línea	3
108/2	20	Terminal Lista	3
109	8	Detección de portadora de datos...	3
110	21	Detector de calidad de señal.....	3
111	23	Selector de velocidad de transmi- sión (de terminal).....	3
112	23	Selector de velocidad de transmi- sión (de modem).....	3
113	24	Reloj de transmisión externo (de - terminal).....	4
114	15	Reloj de transmisión (de modem)...	4
115	17	Reloj de Recepción (de modem).....	4
118	14	Datos transmitidos por canal de re- torno.....	2
119	16	Datos recibidos por canal de retor- no.....	2
120	19	Señal de línea transmitida por ca- nal de retorno.....	3
121	13	Listo para transmitir por canal de retorno.....	3
122	12	Detector de señal de línea recibi- da por canal de retorno.....	3
125	22	Indicador de llamada (Ring).....	3
126	11	Selección de frecuencia de transmi- sión.....	3

aparato o equipo, protege al operador contra descargas eléctricas que pueden ocurrir cuando se tienen aparatos con diferente potencial de tierra.

Circuito 102 Tierra de Señalización

Este conductor establece el potencial de tierra común de referencia para todas las otras señales de interfaz a excepción de la tierra de protección.

SEÑALES DE DATOS

Circuito 103 Datos Transmitidos (Dirección hacia el modem)

Por este conducto pasan los datos de información originados en la terminal con dirección al modem para ser transmitidos (en forma de onda analógica), vía el canal telefónico a la terminal remota.

La terminal sólo transmitirá datos por el circuito 103 si los siguientes circuitos están en condición de cerrado:

Circuito 105 .	Petición para transmitir
Circuito 106.	Listo para Transmitir
Circuito 107	Modem listo

Circuito 104 Datos Recibidos (Dirección hacia la terminal)

Por este circuito pasan hacia la terminal local los datos recibidos de la terminal remota.

SEÑALES DE CONTROL

Circuito 105 Petición para Transmitir (Dirección hacia el modem)

Cuando la terminal esta lista para transmitir datos pone a este circuito en condición de cerrado, indicándole con ello al modem que se prepare porque desea transmitir información. La condición de cerrado sobre este circuito obliga al modem a pasar a la posición de transmisión con respecto al canal telefónico; esta condición debe mantenerse mientras el equipo terminal transfiera datos por el circuito 103. La condición de abierto obliga al modem a pasar al modo de no transmisión.

Circuito 106 Listo para Transmitir (Dirección hacia la Terminal)

Por este circuito el modem responde a la petición de transmitir enviada por la terminal por el circuito 105. La condición de cerrado indica a la terminal que el modem está en disposición de transmitir datos por el canal telefónico. La condición, abierto indica que el modem no esta en condición de transmitir.

Las condiciones de abierto y cerrado del circuito 106, responderan a las condiciones de abierto y cerrado respectivamente del circuito 105.

Circuito 107 Modem listo (Dirección hacia la Terminal)

Las señales transmitidas por este circuito indican si el modem está listo para funcionar; normalmente este circuito esta en condición de cerrado cuando está encendido el modem, indicando que está conectado a la línea telefónica, listo para intercambiar señales de control con la terminal a él conectado, con el fin de iniciar la Transmisión de Datos.

Circuito 109 Detector de Portadora (Dirección hacia la Terminal)

Por este circuito el modem indica a la terminal si las señales recibidas vía el canal telefónico se ajustan a los límites especificados por las normas.

Normalmente el nivel de la señal recibida aceptada por el modem puede variar de -4 a -43 dBm dependiendo del ruido sobre la línea; así, si el modem se ajusta para recibir en un nivel de 30 dBm, este circuito estará en condición de cerrado cuando la señal recibida sea mayor que -30 dBm y estará en condición de abierto cuando la señal recibida sea menor de -30 dBm; en este último caso (condición Abierto), este circuito bloquea la transmisión de datos a la terminal y le indica la pérdida de la señal recibida del canal telefónico.

Secuencia de señales de interfaz en el establecimiento de un enlace de transmisión de datos:

En la figura 3.3 se muestra un esquema de la secuencia de las señales de interfaz en el establecimiento de un enlace de Transmisión de Datos; normalmente los modems están en modo de recibir señales de la línea telefónica así que cuando la terminal local desea transmitir datos, necesita que el modem local se ponga en modo de transmisión, la terminal activa el circuito 105. al detectar este una marca del modem remoto, para indicarle que va a comenzar a transmitir datos.

Después de ser activado el circuito 105 el modem local deja pasar un cierto tiempo T antes de poner el circuito 106 en condición de activado; este retardo da tiempo a que el modem remoto active su circuito 109 y detecte los datos recibidos. Una vez que la terminal detecta que el circuito 106 fué activado, se puede iniciar la Transmisión de Datos a través del circuito 103 mientras que se transmite, los circuitos 105 y 106 permanecen activados.

En el extremo receptor el modem al recibir la señal de línea del modem local (indicándole que va a comenzar la transmisión de datos), deja pasar un cierto tiempo (del orden de los 40 mseg.) antes de activar el circuito 109; este retardo es con la finalidad de asegurarse que la señal detectada de la línea telefónica no es un ruido impulsivo (de breve duración), sino una señal portadora.

Al activarse el circuito 109 la Terminal Remota, espera los datos que le serán enviados a través del circuito de interfaz 104 desde el lado local.

Al término de la comunicación las señales del circuito 105 (Petición para transmitir) se desactivarán y la portadora desaparecerá después de aproximadamente 20 mseg., con lo que la terminal detectará el fin de la transmisión y aplicará un pulso negativo al circuito 108; así pues, el modem retirará la señal del circuito 107 (modem listo) y quedará preparada para efectuar nuevamente el ciclo descrito anteriormente.

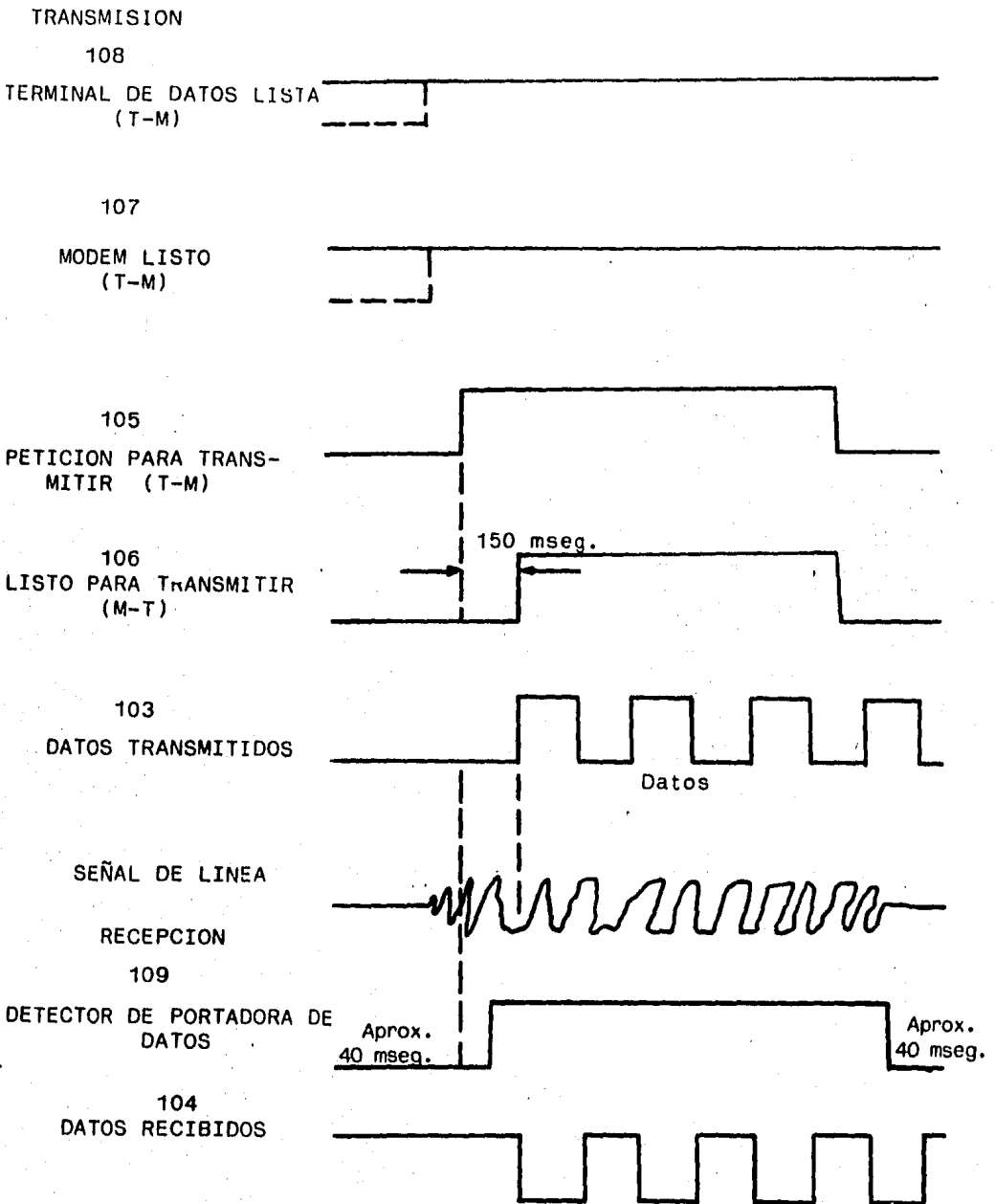


Figura 3.3 Secuencia de señales de Interfaz en un enlace de transmisión de Datos.

3.3 Formas de Acceso a una Red de Transmisión de Datos.

3.3.1 Tipos de enlace de circuitos de comunicaciones

En esta sección se da una descripción general de los diferentes enlaces con los que se podrá trabajar en la Red de Transmisión de Datos.

3.3.1.1 Enlace a dos (2) Hilos.

Se habla de un enlace a dos hilos cuando la vía de comunicación entre modems y el Centro de Transmisión de Microondas o Red Telefónica (ver fig. 3.4.), para el caso de comunicación de larga distancia es de dos hilos, y además se asignan dos frecuencias centrales de Transmisión dentro del mismo canal telefónico, por ejemplo, en un modem de baja velocidad para la transmisión se le asigna una frecuencia de 1080 ± 100 Hz., y para la Recepción se le asigna una frecuencia de 1750 ± 100 Hz.

3.3.1.2 Enlace a cuatro (4) Hilos.

En este tipo de enlace se usan dos pares de hilos telefónicos, un par para transmisión y el otro par para recepción, y utilizan la misma frecuencia central de transmisión; para Transmisión de Datos la frecuencia Central asignada es 1750 ± 100 Hz, en la figura 3.4. se muestra el enlace de esta forma.

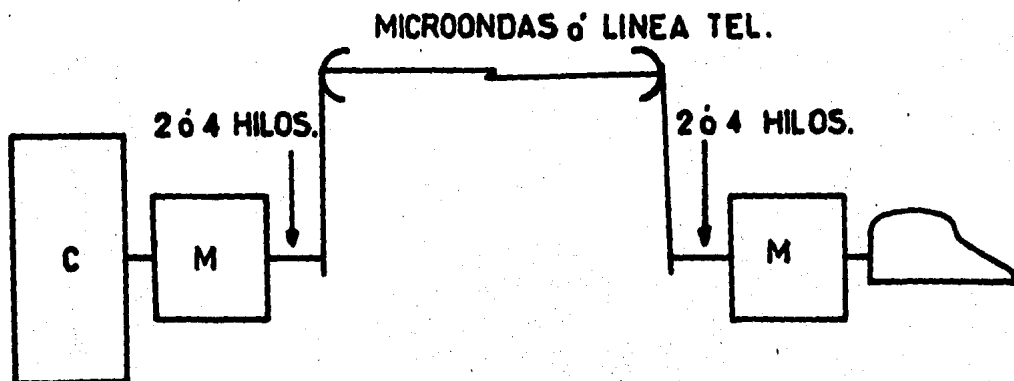


FIGURA 3.4. ENLACE A 2 ó 4 HILOS

3.3.1.3 Enlace por Línea Conmutada

Refiriéndose al canal de comunicación se habla de un enlace por Línea Conmutada, cuando una terminal y una Computadora (o dos terminales distintas) se comunicana través de una línea telefónica que pa sa por centrales de Conmutación Telefónica Pública. En este caso el enlace se hace marcando en un extremo el número telefónico de la com putadora (o terminal) remota y la línea se ocupará solamente el tiem po que dure la conexión; una vez terminada ésta, tal línea podrá ser utilizada por otros usuarios.

En cada nueva conexión entre la terminal y computadora la línea tele fónica através de la cual se conectan, será diferente del enlace ante rior, en la figura 3.5 se muestra una conexión de este tipo.

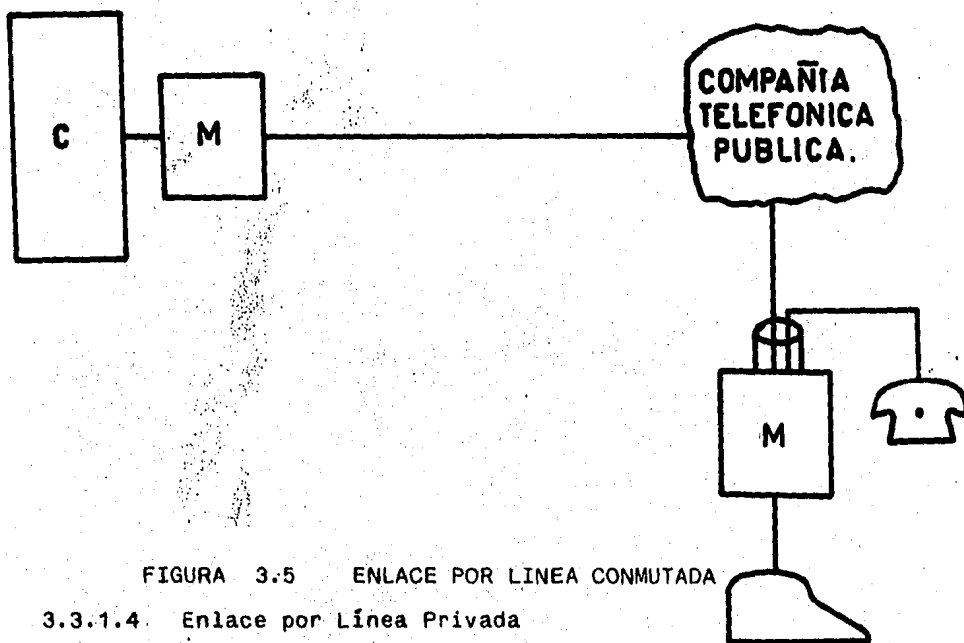


FIGURA 3.5 ENLACE POR LINEA CONMUTADA

3.3.1.4 Enlace por Línea Privada

La conexión entre una terminal y una computadora (o entre termi nales) através de una línea Privada se lleva a cabo, cuando dichas líneas se han rentado a la Compañía Telefónica para uso exclusivo del usuario; esta línea no pasa por Centros de Conmutación Pública y por lo tanto no está sujeta a las degradaciones a que están propen sas las Líneas Conmutadas. En la figura 3.6 se muestra una conexión de este tipo.

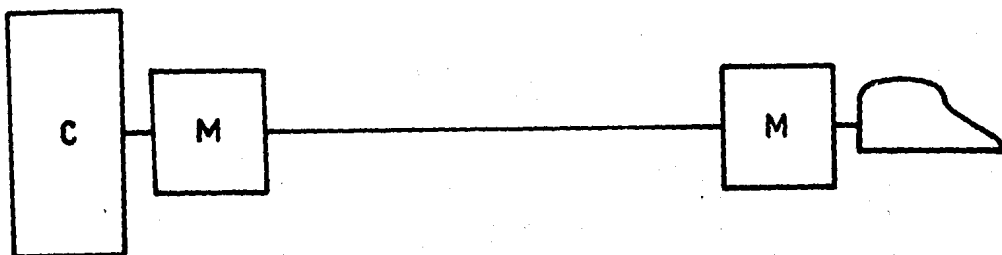


FIGURA 3.6 LINEA PRIVADA

3.3.2 Modos de Operación de los Circuitos de Comunicación

Es necesario disponer de un medio de enlace entre la terminal y el Computador, siendo este bidireccional obteniéndose información en ambos sentidos; a continuación se describen los modos de operación que son más usuales en los circuitos de comunicación.

3.3.2.1 Simplex

Se dice que el enlace entre modems es simplex cuando hay Transmisión de Datos en un solo sentido, en la figura 3.7 (a) se muestra este enlace.

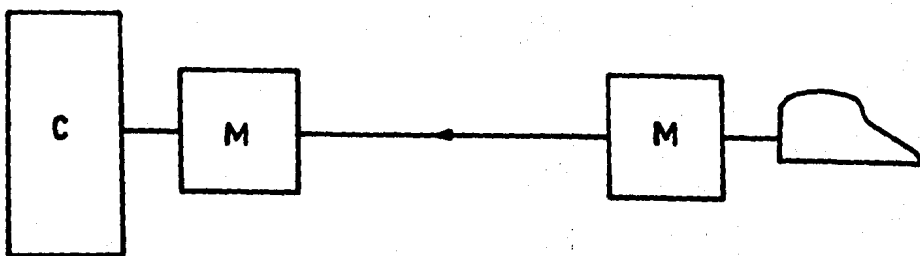
3.3.2.2 Half Duplex

Se dice que el enlace entre modems es Half Duplex cuando hay Transmisión de Datos en ambas direcciones, pero no simultáneamente.

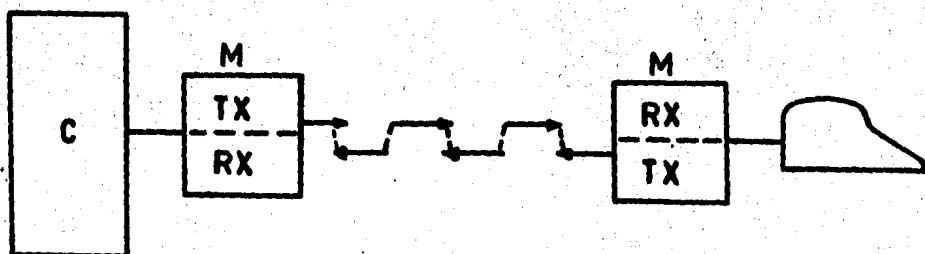
En un instante dado sólo hay transmisión en un sólo sentido. En un modo de operación como este se pueden emplear 2 ó 4 hilos, en la figura 3.7 (b) se muestra este tipo de enlace.

3.3.2.3 Full Duplex

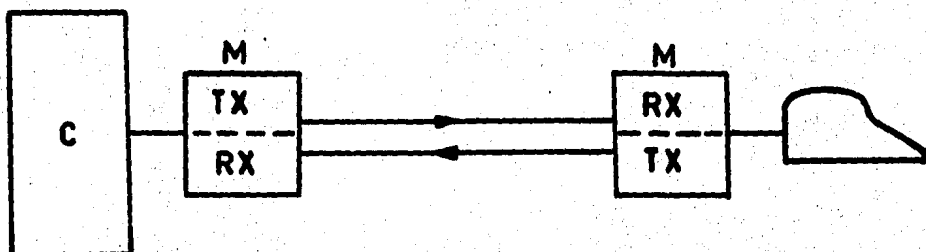
Se habla de enlace Full Duplex completo cuando hay Transmisión de Datos en ambas direcciones y en forma simultánea; el modem transmite y recibe al mismo tiempo y se pueden utilizar 2 ó 4 hilos, en



(a)



(b)



(c)

FIGURA 3.7 MODO DE OPERACION DE LOS CIRCUITOS DE COMUNICACION

la figura 3.7 (c) se muestra este tipo de operación.

3.3.3 Modos de Conexión de Usuarios

Existen dos modos de conexión en los cuales los usuarios de una terminal pueden enlazarse al Computador y son:

3.3.3.1 Conexión Punto a Punto

Para conectar terminales y computadoras pueden utilizarse diferentes tipos de líneas de comunicación.

Toda línea empleada como conexión en una configuración fija de terminal y computadora (o terminales distintas), se denomina Línea Punto a Punto; en las figuras 3.5 y 3.8 pueden verse dos ejemplos de conexiones Punto a Punto en las que se emplean respectivamente una Línea con Conmutación y una Línea Privada.

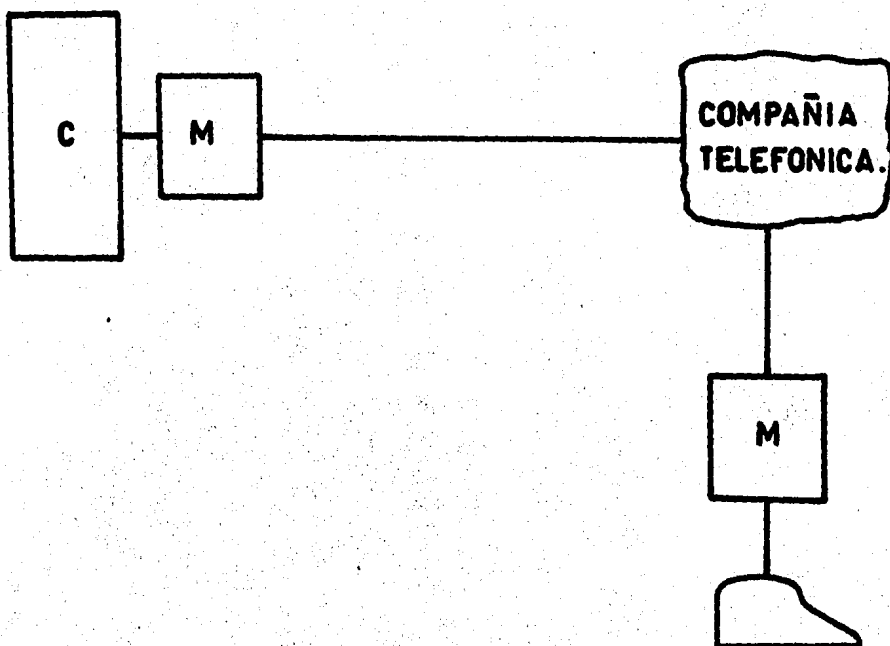


FIGURA 3.8 CONEXION PUNTO A PUNTO

En el caso de la Línea con Conmutación se establece una conexión a través de la Compañía Telefónica Pública que sólo se mantiene por la duración de la comunicación establecida. Las Líneas Privadas en cambio, proporcionan un trayecto permanente entre la terminal y la computadora (o entre terminales que estén o no en actividad).

3.3.3.2. Conexión Multipunto

La línea multipunto, que usualmente es una Línea Privada, es compartida en tiempo real por dos o más terminales distantes; la conexión de las distintas terminales se efectúa por 'agrupamiento', cuando se conectan varias terminales a la línea en el mismo punto. Por 'derivaciones múltiples', cuando se conectan terminales a la línea en puntos diferentes o por una combinación de ambos métodos.

Las señales transmitidas por la estación principal situada en el punto 'A' (figura 3.9) son recibidas por todas las terminales distantes en los puntos B, C y D; no obstante, cada mensaje será dirigido a una sola terminal distante, que será la única que aceptará efectivamente los datos, asimismo; las terminales distantes utilizan la línea por turno y transmiten a la computadora los mensajes que pueden tener pendientes.

En un momento dado sólo puede transmitir una terminal distante determinada. Las principales ventajas de la configuración multipunto radican en la economía que representa y el hecho de que cada terminal puede utilizar la velocidad total de la línea. Sus desventajas son el largo tiempo de respuesta, cuando varias terminales deben transmitir al mismo tiempo.

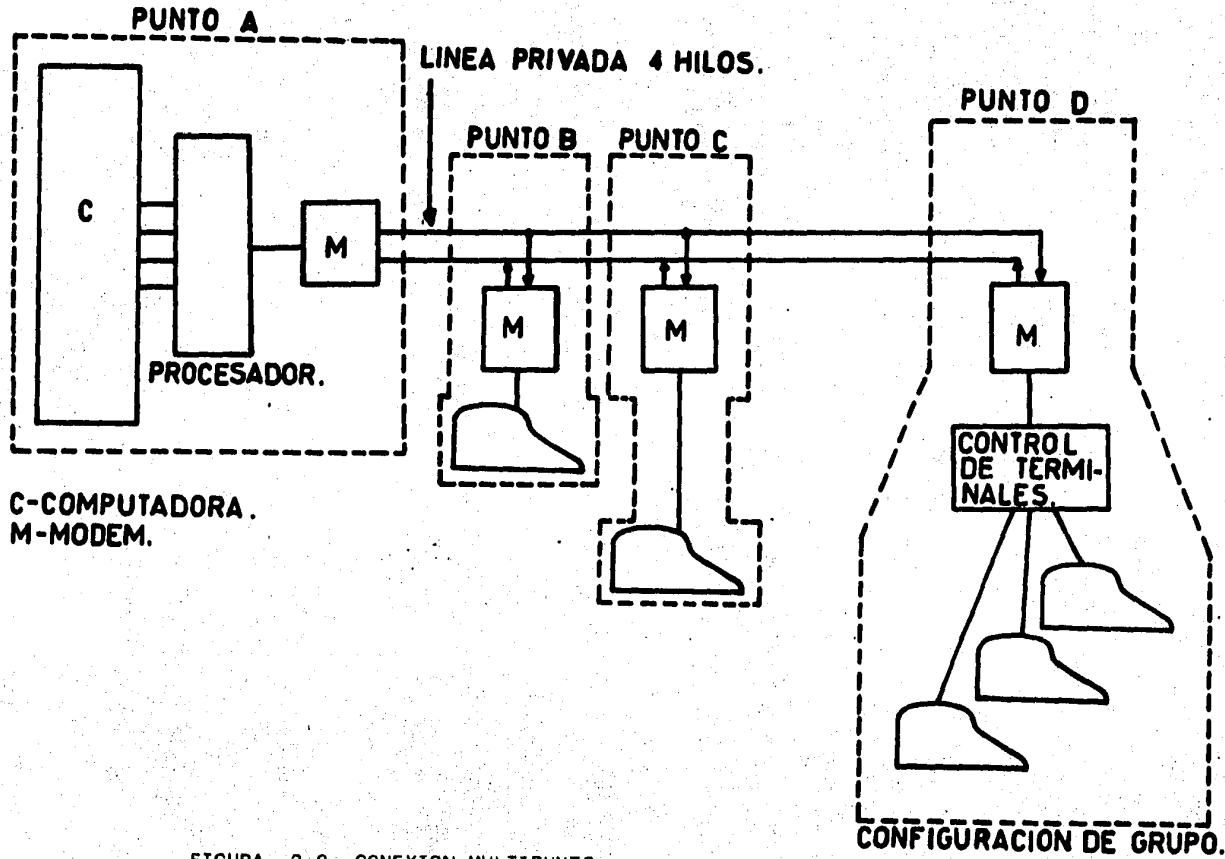


FIGURA 3.9 CONEXION MULTIPUNTO

3.3.4 Modos de Transmisión

Uno de los aspectos que se deben dejar bien asentados es el modo de transmisión en que operan los diferentes equipos, ya que en gran parte este parámetro influye en la velocidad de transmisión. A continuación se describen los más usuales:

3.3.4.1 Transmisión Asíncrona

Los Datos Asíncronos son producidos de ordinario por terminales de baja velocidad.

En los Sistemas Asíncronos, cuando la línea de transmisión está en reposo, se encuentra en el estado correspondiente al binario 1 (figura 3.10); la transmisión de cada carácter es precedida por un bit de arranque o paso del estado de 'reposo' al estado de 'actividad' (binario cero), que indica a la terminal receptora que se está transmitiendo un carácter, el receptor detecta el bit de arranque y los bits de datos que forman el carácter; al finalizar la transmisión de éste se vuelve a colocar la línea en estado de reposo mediante uno o más bits de parada, con lo cual se está en condiciones de iniciar el carácter siguiente, es decir, la transmisión es carácter por carácter los cuales llevan los bits de control (bits de arranque, parada y de paridad si se tiene). Los bits de arranque y parada permiten que la terminal receptora se sincronice con la terminal transmisora para la recepción de cada carácter.

3.3.4.2 Transmisión Síncrona

La Transmisión Síncrona (figura 3.11) se sirve de un reloj interno con que cuenta el modem para sincronizar el transmisor y el receptor. Una vez que la terminal receptora detecta un carácter de sincronización, la transmisión se efectúa por bloques de caracteres, es decir, no es necesario que cada carácter se identifique con un bit de arranque y parada como sucede en la transmisión asíncrona. La longitud normal de un bloque es de 80 a 130 caracteres dependiendo de las características del equipo utilizado.

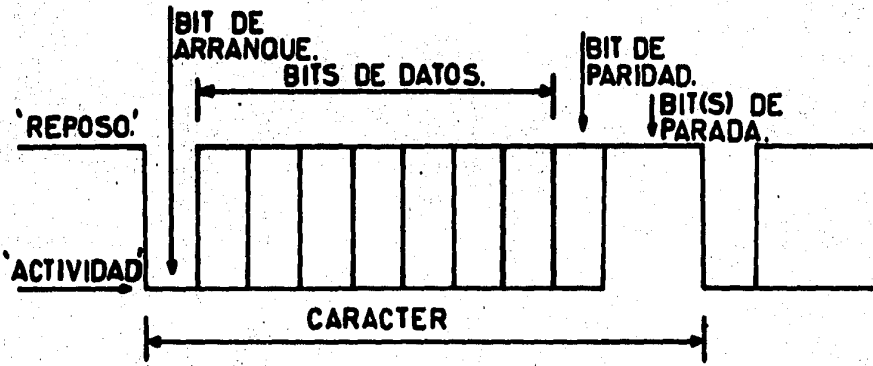


FIGURA 3.10 TRANSMISION ASINCRONA

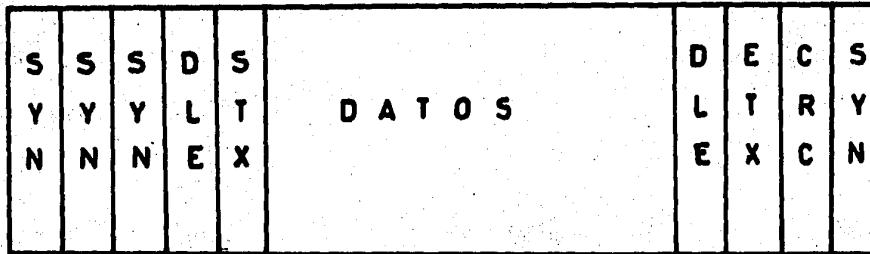


FIGURA 3.11 TRANSMISION SINCRONA

Características de la Red Pública de Transmisión de Datos

A partir del diseño y la implantación de las primeras Redes de Transmisión de Datos en el mundo, basadas en la Técnica de Conmutación de Paquetes y por las ventajas que ofrece esta técnica, se ha perfilado como la apropiada para diseñar e implantar Redes de Transmisión de Datos actuales privadas y públicas.

Las Redes de Transmisión de Datos modernas que utilizan la conmutación de paquetes han provocado una amplia gama de servicios entre los que se encuentran la interconexión de diversos equipos de cómputo y periféricos con lo cual se crean muchas posibilidades y aplicaciones que dan lugar a las Redes modernas de Transmisión de Datos.

Cuando la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través de la Dirección General de Telecomunicaciones (D.G.T.) acordó implantar la Red Pública de Transmisión de Datos (RPTD), empleando la técnica de conmutación de paquetes, se establecieron los requerimientos que debía de cumplir una Red de esta naturaleza, a fin de satisfacer a corto y mediano plazo las necesidades que requería el país, es por esto que los lineamientos generales que guiarón el proyecto son:

4.1 Topología

Tomando en cuenta varios factores a nivel Nacional como son:

La Conducción de Señales de Datos, Sistemas Privados de Teleinformática, Equipos de Cómputo y Terminales, La Red Telex, etc., permitió tener una aproximación acerca del tráfico y su tendencia con lo cual se pudo establecer su topología.

La Red Pública de Transmisión de Datos es totalmente 'Mallada' (con una alta conectividad entre nodos), para garantizar los tiempos de respuesta y alta disponibilidad.

La Red externa se conecta en forma de 'Estrella', en donde todos los nodos externos solo tienen comunicación con el nodo central o principal; para que tenga lugar la comunicación entre nodos externos es necesario comunicarse a través del nodo principal, y además, los nodos deben tener líneas de respaldo en caso de fallas. (ver figuras 4.6 4.7 y 4.8)

Basándose en esto, se estableció que los equipos de conmutación o nodos fueran modulares, flexibles y su expandibilidad (pasar de puntos de acceso a nodos) fuera de lo más sencillo posible, y estos deberían ser nodos especializados de la tercera generación; por ejemplo, sistemas con una distribución de funciones basadas en multimicroprocesadores con memoria suficiente para atender una capacidad de conmutación (solos o agrupados como un nodo) de 500 paquetes (256 bytes en promedio por paquete) y manejar un mínimo de 500 líneas por nodo a diferentes velocidades.

4.2 Arquitectura

La naturaleza de los nodos debe permitir distintas formas de interconexión para crear organizaciones jerárquicas o de otro tipo; además, se procedió a establecer los elementos básicos de la Red, los cuales son:

Soportes de Comunicación

Es el medio de comunicación por el cual se logra el transporte de la información; este medio de comunicación está conformado por: La Red Telefónica, Microondas, enlaces Vía Satélite y la Red Telex.

Red de Transporte formada por nodos de la misma

La Red de Transporte de la Red Pública de Transmisión de Datos es totalmente mallada y está constituida por los nodos, las líneas de comunicación entre estos y los modems de alta velocidad.

Red externa conformada por los puntos de acceso hasta el abonado mismo.

La Red externa (Multiplexores y Concentradores) esta formada por los puntos de acceso a la Red Pública de Transmisión de Datos y el acceso a través de la Red Telefónica, la Red Telex o circuitos especializados.

Centro de Control de la Red (CCR)

El Centro de Control de la Red es el punto medular de la Red en cuanto a la tarificación, control administrativo, supervisión y mantenimiento se refiere; las funciones del CCR se explicarán con más detalle en un punto posterior.

Compuerta Internacional

Es el medio de comunicación mediante el cual se logra el acceso a Redes de otros países, actualmente la Red Pública de Transmisión de Datos TELEPAC puede tener acceso a:

Telenet (U.S.A.), Tymnet (U.S.A.), Datapac (Canada), Transpac (Francia), etc.

4.3 Confiabilidad y Disponibilidad

La Red Pública de Transmisión de Datos TELEPAC presenta un alto grado de confiabilidad y disponibilidad ya que la Red de Transporte constituida por los nodos, las líneas de comunicación entre éstos y los modems de alta velocidad son de tipo malla (totalmente conectados a través de canales de 9,600 bits/seg.) lo que le garantiza bajos tiempos de respuesta. La disponibilidad y confiabilidad será del 99.9% en las 24 horas del día los 7 días de la semana y los 365 días del año.

4.4 Equipos

Las distintas funciones que cumple la red se efectúan en forma descentralizada y organizadas en forma de capas o niveles independientes entre si; por eso, que las condiciones impuestas implican que tanto la Red como sus equipos sean modulares (tanto en Hardware como en Software), resistentes y flexibles de tal manera que, aún con fallas parciales de sus componentes (nodos, líneas, CCR, etc.), la Red siga operando y prestando servicio; por tanto los nodos deberán tener funciones distribuidas y estar respaldados totalmente (en cuanto a componentes) para soportar fallas sin interrumpir el servicio. Asimismo, la Red es transparente respecto a la información que maneja.

Todos los equipos tienen una alta disponibilidad, y la Red proporciona los mecanismos para garantizar la confiabilidad de la información. Por otro lado y como parte integrante de sus funciones cuenta con sistemas de autodiagnóstico, de tal manera que la detección y corrección de errores sea lo más simple posible.

4.5 Velocidad de Operación en la Red.

En la Red de Transporte la velocidad de transmisión es de 2400 a 9600 bps y las de acceso a la Red de 50 a 1,200 bits/seg., en modalidades síncrona y asíncrona según corresponda.

	50	300	600	1200	2400	4800	9600
Asíncrona	X	X	X	X			
Síncrona					X	X	X
Interfaz	V.24	V.24	V.24	V.24	V.24	V.24	V.24

4.6 Características de la Red (Adaptabilidad).

Las características propias de la RPTD responden al rápido crecimiento de la demanda de servicios de transmisión de datos y está diseñada para adaptarse a una gran diversidad de sistemas y aplicaciones entre los que se encuentran:

- Data General
Eclipse, Nova Micronova
- Burroughs
B 6700
B 6800
B 7700
B 7800
- Tandem
- Univac 11XX
- Prime
1350
400
450
500
550

650

750

- Digital Equipment Corp.
PDP 11/70
- Honeywell
- IBM 360/370

Además, ofrece grandes garantías en lo que se refiere al mantenimiento y a la seguridad; asimismo, coadyuva a la homogenización y a la expansión de los recursos teleinformáticos con que cuenta nuestro país, facilita la interconexión de los más variados equipos con que cuenta el mundo de la teleinformática, además de que puede operar en todo el Territorio Nacional con lo que se favorece la descentralización.

Otra característica muy importante es que la Red TELEPAC hace posible que se suprima la incidencia de la distancia sobre los costos.

4.7 Características generales de los nodos de la RPTD.

Un nodo dentro de la RPTD se define como el lugar en el cual se maneja y se procesa la información (conmutación de paquetes). Además, deberá satisfacer los servicios establecidos, generar información para tarificación, administración y mantenimiento, así como manejar los mecanismos para recuperación y respaldo automático de sus distintos componentes.

Otras funciones importantes que un nodo realiza son:

- Deberá tener respaldo (redundancia) en sus componentes de tal manera que garantice una disponibilidad permanente y global del equipo.
- Deberá poseer la capacidad de recibir paquetes de información enviados por otros nodos o equipos terminales de datos y servir de tránsito o enrutar los paquetes de información a otro nodo o a uno de los equipos terminales de datos conectados a él.

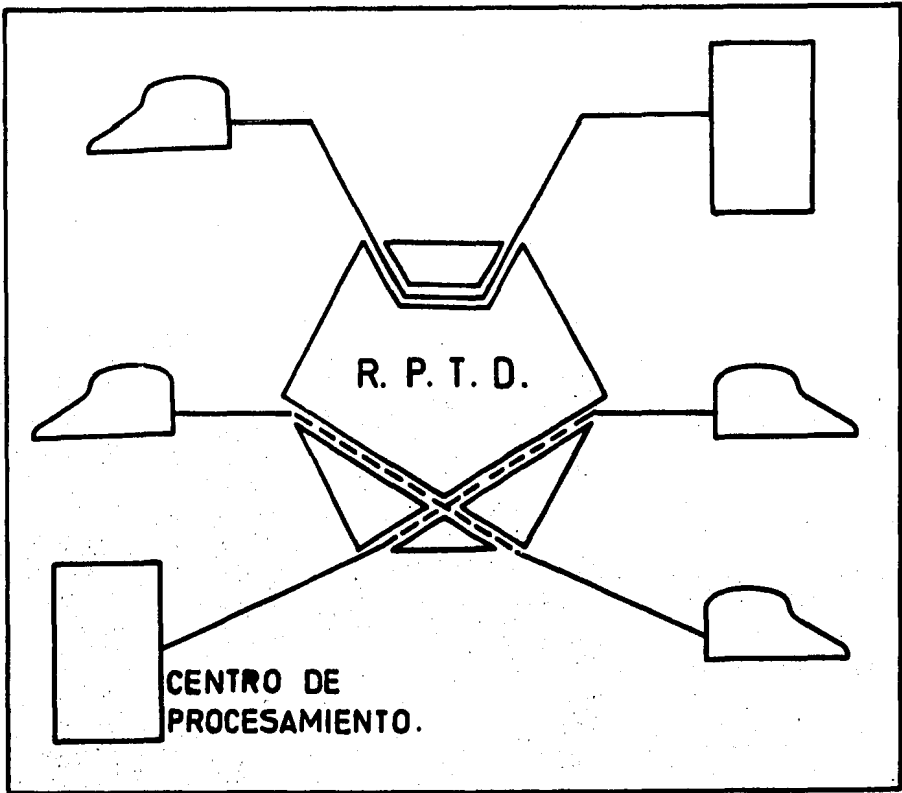


FIGURA 4.1 CTOS. VIRTUALES Y PERMANENTES

Puesto que la Red es completamente transparente es posible acceder a ella, ya sea directamente cuando se tenga un protocolo normalizado o bien por medio de un convertidor de protocolos que puede estar localizado en el punto de acceso a la Red o en el conmutador de paquetes.

El protocolo normal de acceso a la Red (X.25) permite igualmente el multiplexaje de varios circuitos virtuales, ya sea conmutados o permanentes, en el mismo enlace físico, lo que permite por ejemplo a una computadora comunicarse simultáneamente con un número elevado de terminales, que pueden estar localizadas en puntos distantes del país, usando solo una línea de alta velocidad para conectarse a la Red. (ver figura 4.1)

4.8 Servicios que proporcionará la Red.

- Grupo cerrado de abonados.

Los usuarios que deseen reunirse en grupos y que sistemáticamente rechacen la aceptación de cualquier comunicación que no provenga de alguno de ellos, tienen la posibilidad de hacerlo. La RPTD tiene la posibilidad de proporcionar este servicio (figura 4.2 grupo 1). El control de acceso de un abonado al grupo será efectuado de manera automática por la Red, la cual debe tener al día las listas de los miembros de distintos grupos. Un grupo cerrado de abonados puede también conectarse con los abonados de libre acceso (figura 4.2 grupo 2).

Un usuario podrá solicitar la pertenencia a varios grupos cerrados de abonados, aunque existe igualmente la posibilidad de poder llamar a los usuarios de libre acceso (figura 4.2 grupo 3).

Los usuarios que no deseen pertenecer a un grupo cerrado de abonados, pertenecerán al grupo de libre acceso (figura 4.2 grupo 4), es decir que el servicio de grupo cerrado de abonados otorgado por la Red permite la confiabilidad, pues tiene totalmente protegido el acceso.

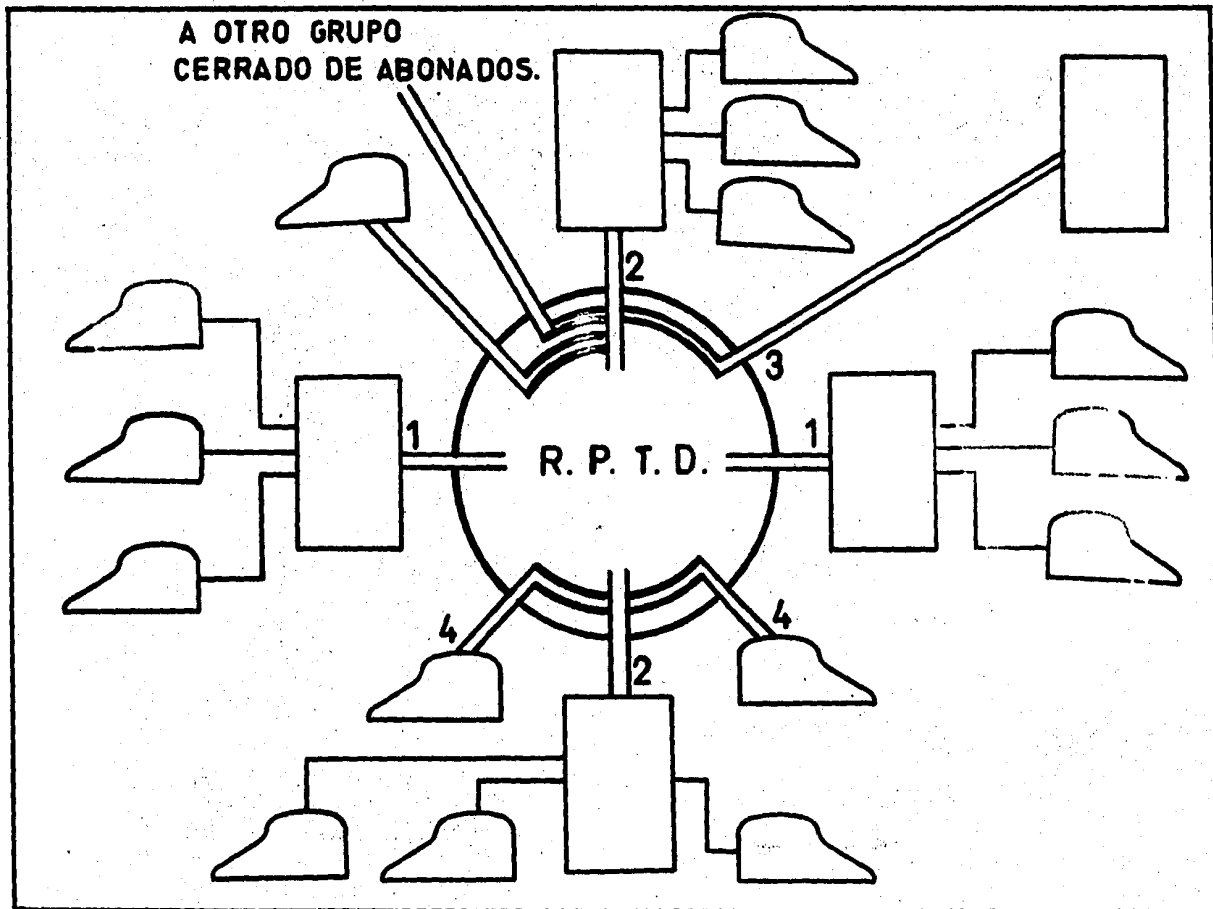


FIGURA 4.2 GPO. CERRADO DE ABONADOS

- Comunicaciones por cobrar

6.

Otro de los servicios que los usuarios pueden utilizar será aquel en el que el monto de las llamadas se carguen al usuario solicitante. Este servicio se justifica por el hecho de que en muchos de los casos, diferentes usuarios (terminales) pertenecen a una misma firma y la tarificación única facilita las tareas administrativas.

- Conversión de protocolos

La función del protocolo consiste en el manejo de la señalización que permite el acceso a la Red de la terminal y de la computadora que se enlazan.

La RPTD da cabida a los principales tipos de terminales y/o computadoras que se encuentran en el mercado Nacional e Internacional; es decir, se ofrece el servicio de conversión de protocolos, en los casos en que las terminales y/o computadoras tengan un diferente al X.25, que es el protocolo normal de acceso a la Red, normalizado por el CCITT (ver figura 4.3).

- Conexión de usuarios asíncronos

Las terminales asíncronas tipo 'arranque -parada' (start-stop) se conectan a la Red con velocidades de 50 a 1200 bits/seg., Full Duplex, a través de la Red Telefónica conmutada o por líneas privadas 2 ó 4 hilos si lo requiere el usuario.

La Red ofrecerá el acceso a los usuarios de la Red TELEX a una velocidad de 50 bits/seg., para el cual se utilizará el mismo procedimiento de conexión, lo que requerirá la conversión de código internacional CCITT número 2 (BAUDOT) al CCITT número 5 (ASCII) y viceversa, como se ilustra en la figura 4.4.

- Conexión de usuarios síncronos

Se enlazarán a la RPTD mediante enlaces dedicados Full Duplex a 4 hilos, a velocidades desde 2400 a 9600 bits/seg., como se observa en la figura 4.5.

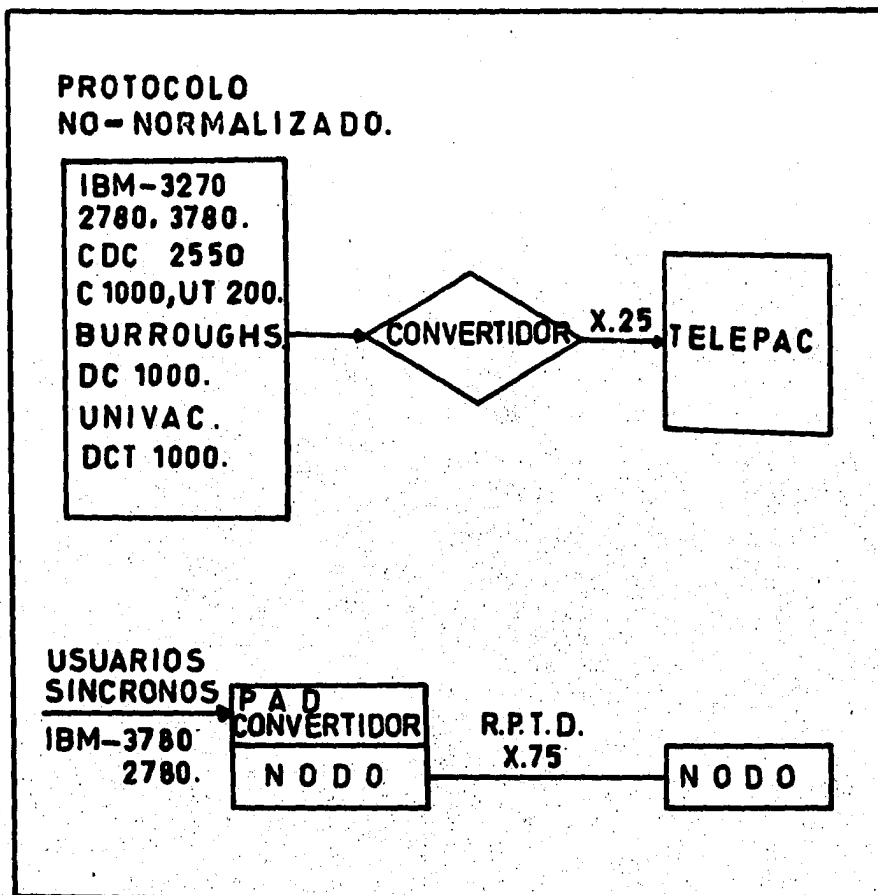


FIGURA 4.3 CONVERSION DE PROTOCOLOS.

- Otros Servicios

Hay otros servicios que por su naturaleza estan contemplados para que se ofrezcan en el futuro, los cuales son:

- Transmisión vía Satélite en altas velocidades
- Sistemas de mensajería (como el correo electrónico)
- Facsímil
- Radiopaquetes

- Servicio integrado de conmutación de paquetes y circuitos.
- Méjoras que se vayan incorporando a los protocolos normalizados, así como a los nuevos que vayan surgiendo.

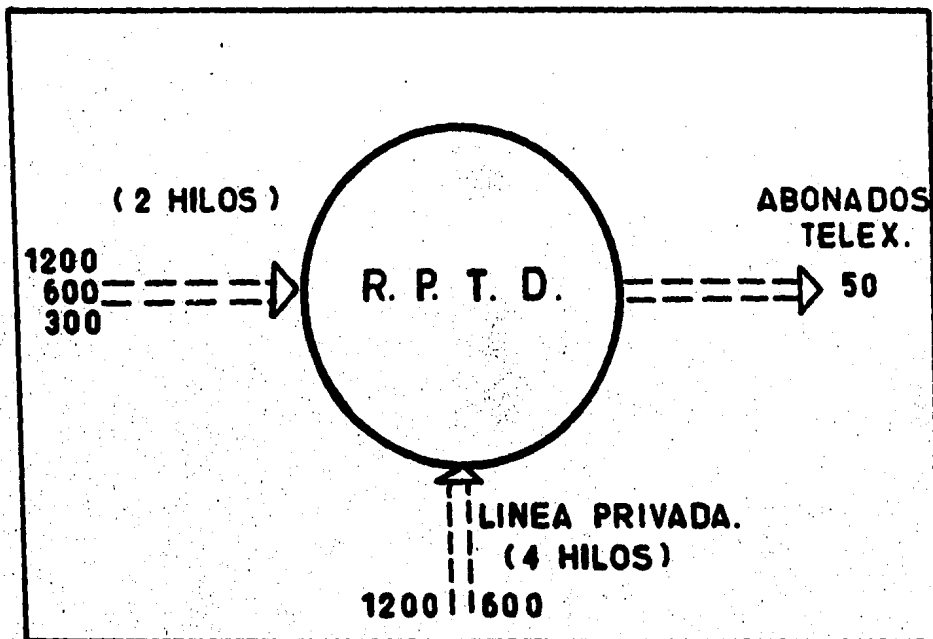


FIGURA 4.4 CONEXION DE USUARIOS ASINCRONOS

4.9 Centro de Control de la Red (C.C.R.)

El CCR se define como una localidad de cómputo, y es el lugar en donde se efectúa el control de una Red de Conmutación de Paquetes, para tal fin el Centro está compuesto de dos minicomputadoras PRIME 550 (una en operación y la otra de respaldo) conectadas a la Red a través de enlaces X.25 y que logran la comunicación con los Procesadores de Comunicaciones (TP's) de la Red mediante el establecimiento de Circuitos Virtuales.

Este Centro cuenta también con equipos periféricos tales como:

Terminales de Video, Impresoras, Unidades de Disco y de Cinta.

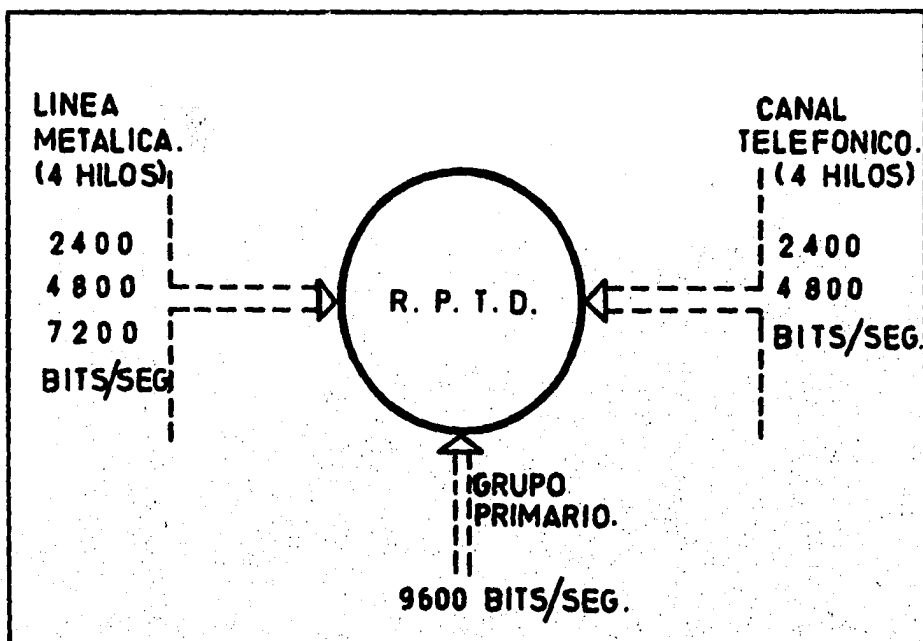


FIGURA 4.5 CONEXION DE USUARIOS SINCRONOS

El CCR es el punto central de la Red en cuanto a Tarificación, Control Administrativo, Supervisión y Mantenimiento se refiere.

La función primaria del CCR es la obtención de la información que envían los nodos para:

- Determinar el estado actual de la Red.
- Alertar sobre fallas que ocurran.
- Recoger información para tarificación, contabilidad y estadísticas de la Red.

Otras de las muchas funciones no menos importantes que realiza el CCR son las siguientes:

- Permite la detección en línea de errores encontrados en componentes específicos de la Red.

- Almacena el código y tablas para configurar la Red con aquellos equipos que lo requieran.
- Cuando así se requiera debe de cargar a través de la Red el código y tablas que necesiten los distintos componentes.
- Tiene programas para el análisis estadístico de los datos recibidos de los nodos y puntos de acceso.
- En caso de falla del CCR la Red continua funcionando sin pérdida de la información del usuario y de tarificación durante un lapso cuando menos igual a 12 hrs.
- Acepta mensajes de alarma en donde se incluye el estado de distintos componentes de la Red.
- Tiene herramientas para afinación, diseño y nuevos desarrollos de la Red, tales como:
 - Herramientas para afinar los cambios y modificaciones.
 - Métodos para experimentar nuevas adiciones sin necesidad de suspender la operación de la misma.

Los programas del Centro de Control están diseñados bajo un sistema de respaldo y recuperación automática.

4.10 Planes de Implantación de la R.P.T.D.

Los Planes de Implantación de la R.P.T.D., se desarrollaron en tres etapas, a saber, la previa o experimental, la fase I y la fase II.

Etapa Experimental:

En esta etapa previa la red consta de 3 conmutadores de paquetes, localizados en México, Monterrey y Guadalajara, así como los puntos de acceso, Hermosillo y Puebla.

La capacidad instalada que se pone a disposición de los usuarios puede atender hasta 250 Terminales y Computadoras. Este servicio se puso en operación experimental con un número restringido de servicios y usuarios, puesto que cabe mencionar que la asimilación de una nueva tecnología es paulatina, y sirvió para que el

personal se adaptará y conocerá a fondo de lo que consistía esta nueva tecnología (ver figura 4.6)

Fase I:

Una vez superada la etapa experimental se paso a dar un servicio público amplio, incrementandose a 24 el número de puntos de acceso; en esta primera fase el punto de acceso que era Hermosillo paso a ser conmutador de paquetes o nodo completando así la Red con 4 conmutadores de paquetes (ver figura 4.7), actualmente la R.P.T. D., consta de la fase experimental y de la fase I que se acaba de terminar, y en tales condiciones puede dar servicio a 1028 terminales y computadoras.

Fase II:

Esta es la última etapa de Implantación de la Red con lo cual quedará terminado el proyecto. Se plantea en aumentar en 20 ciudades más los puntos de acceso a la Red; en consecuencia cuando se complete esta segunda etapa o fase se tendrá acceso a la R.P.T.D., en las 48 ciudades principales del país y se podrá satisfacer una demanda de hasta 2,000 Terminales y Computadoras. (ver figura 4.8)

Red Pública de Transmisión de Datos

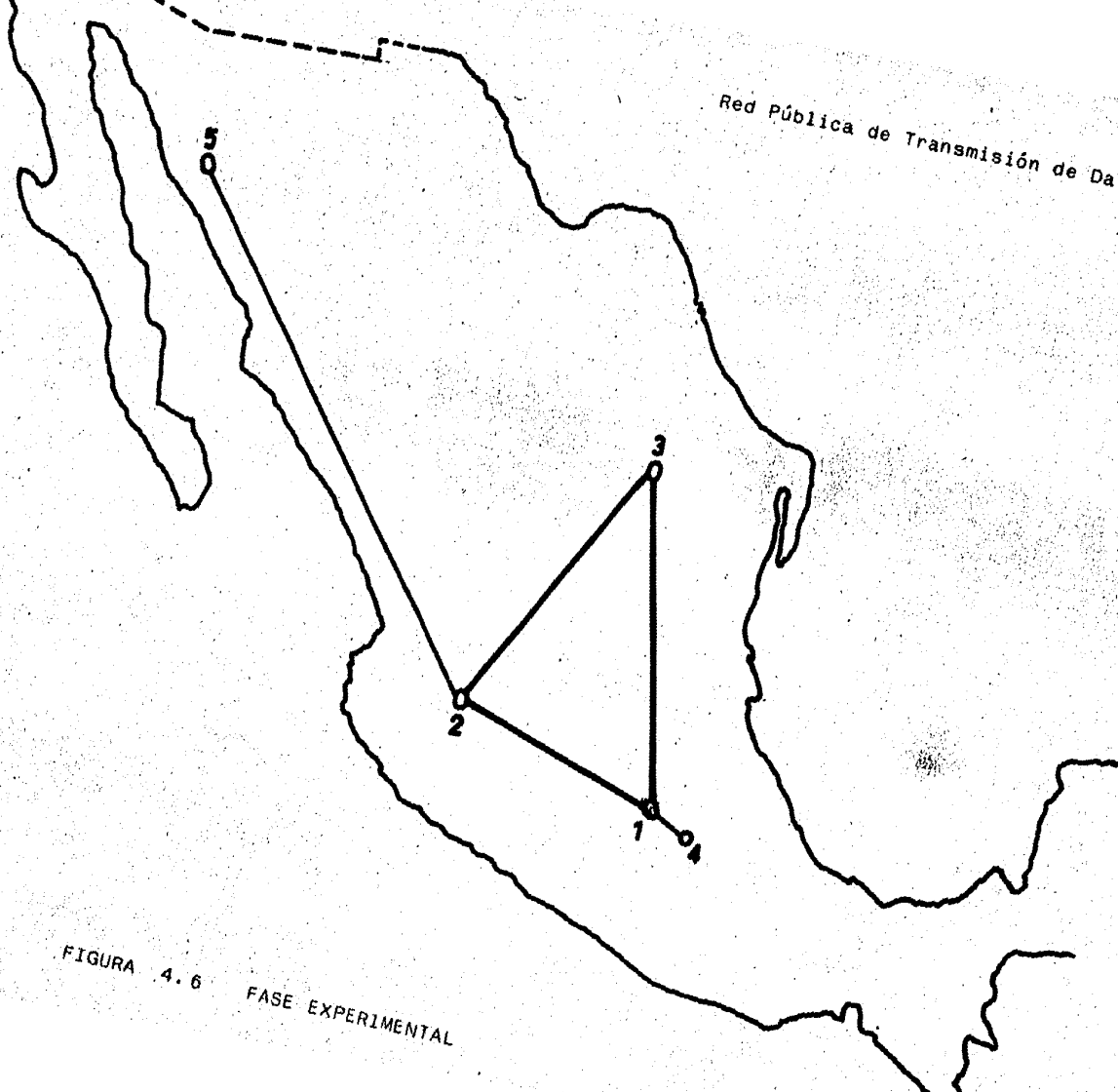


FIGURA 4.6 FASE EXPERIMENTAL

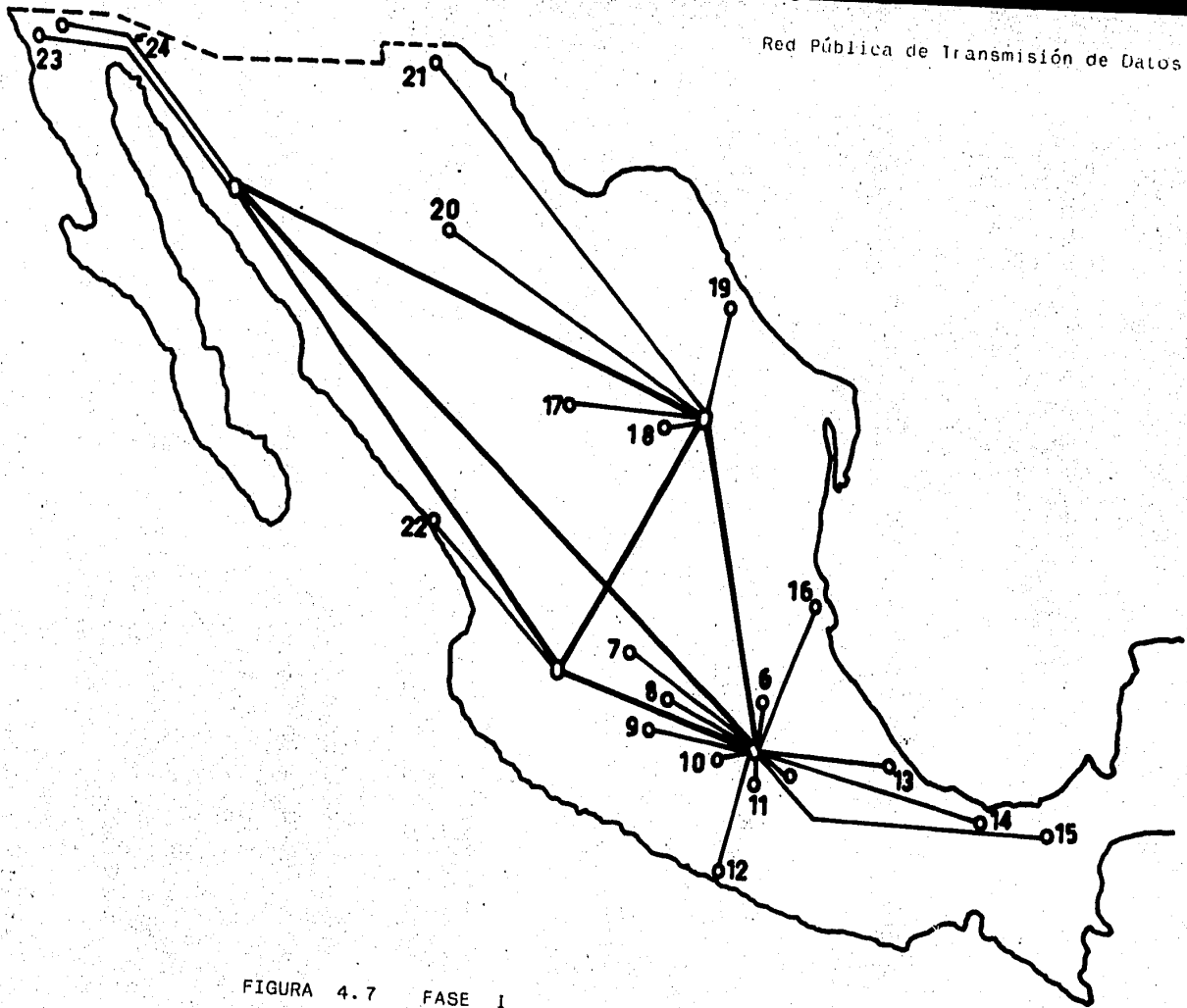


FIGURA 4.7 FASE I

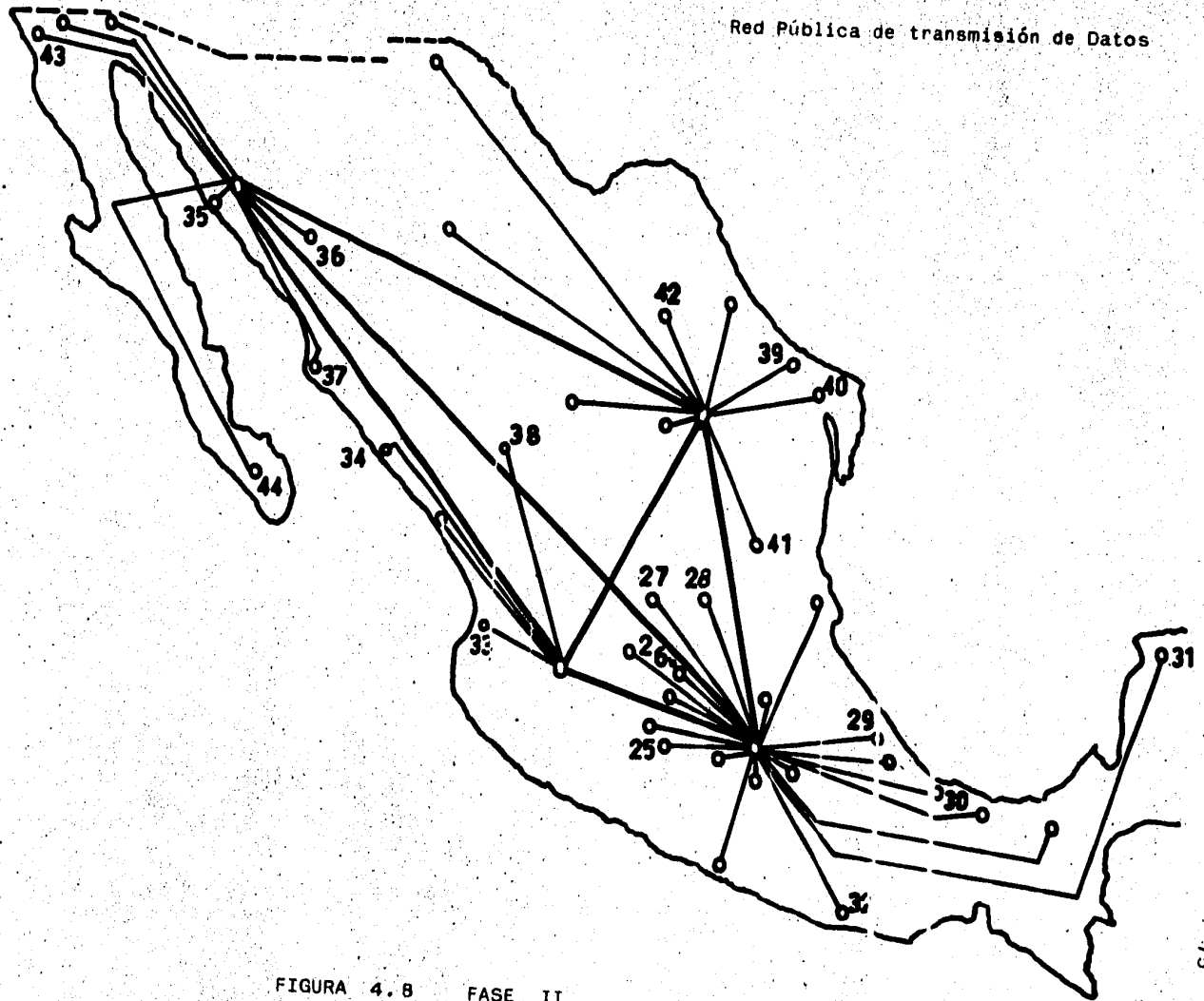


FIGURA 4.8 FASE II

C I U D A D E S

- | | | | |
|----|---------------|----|-----------------|
| 1 | México | 23 | Tijuana |
| 2 | Guadalajara | 24 | Mexicali |
| 3 | Monterrey | 25 | Irapuato |
| 4 | Puebla | 26 | Celaya |
| 5 | Hermosillo | 27 | Aguascalientes |
| 6 | Tlalnepantla | 28 | San Luis Potosí |
| 7 | León | 29 | Jalapa |
| 8 | Querétaro | 30 | Orizaba |
| 9 | Morelia | 31 | Mérida |
| 10 | Toluca | 32 | Oaxaca |
| 11 | Cuernavaca | 33 | Tépic |
| 12 | Acapulco | 34 | Culiacán |
| 13 | Veracruz | 35 | Guaymas |
| 14 | Coatzacoalcos | 36 | Ciudad Obregón |
| 15 | Villahermosa | 37 | Los Mochis |
| 16 | Támpico | 38 | Durango |
| 17 | Torreón | 39 | Reynosa |
| 18 | Saltillo | 40 | Matamoros |
| 19 | Nuevo Laredo | 41 | Ciudad Victoria |
| 20 | Chihuahua | 42 | Monclova |
| 21 | Ciudad Juárez | 43 | Ensenada |
| 22 | Mazatlán | 44 | La Paz |

C A P I T U L O 5

Técnica de Conmutación de Paquetes

5.1 Conmutación de Paquetes

Un Sistema de Comunicación de Datos utiliza técnicas de transmisión y conmutación para lograr el propósito de la transportación de datos.

La primera función de la Conmutación es que permite a un usuario de la Red accederse a un Sistema Computacional definido.

Esta clase de conmutación es controlada por el usuario cuando él especifica el destino de su mensaje. Conmutación es entonces, la forma por medio de la cual un mensaje es enrutado a su destino.

La conmutación tiene una segunda función igualmente importante a la anterior, la concentración. La concentración es un proceso auxiliar para tener una mayor eficiencia en la conmutación, es decir el equipo concentrador lleva la información de todos los usuarios conectados a él a un equipo de conmutación, logrando con ello una mayor distribución de la información en la Red.

Existen tres técnicas de conmutación para la transmisión de datos: conmutación de circuitos, de mensajes y de paquetes. En el diseño de las Redes de Datos actuales se ha utilizado la técnica de conmutación de paquetes, ya que por medio de esta se dispone de un método nuevo y más eficaz de comunicación de datos, que permite que muchas terminales y usuarios de computadores compartan simultáneamente una Red común, logrando con ello la transmisión de datos a bajo costo y con alta confiabilidad favoreciéndose la optimización de los recursos informáticos existentes en el país.

5.2 ¿Porqué Conmutación de Paquetes?

Cuando la técnica de conmutación de paquetes fué propuesta para la comunicación de computadoras, uno de los propósitos fué mejorar la utilización de las trayectorias de transmisión; además se

observó que el tráfico esporádico y los mensajes cortos generados por terminales dejaban una gran parte de la capacidad de comunicación sin usar.

La conmutación de paquetes ciertamente hace un mejor uso de las líneas por medio del multiplexaje.

Por otro lado, con estos mensajes cortos se hace una comunicación más eficiente.

Una ventaja más positiva y tangible de conmutación de paquetes, es la facilidad para cambiar la velocidad. En una trayectoria de comunicación digital, la relación de datos de la línea es estrictamente ajena a la información que ésta lleva. Con conmutación de paquetes cualquier terminal es capaz de elegir la relación de datos apropiada a este tráfico y su método de operación.

En una Red de conmutación de circuitos, los dispositivos que se comunican caen en categorías de velocidad que son mutuamente exclusivas.

Quizás la característica más significativa de la conmutación de paquetes es su interconexión física con un computador multiacceso. Por multiacceso se entiende que la computadora puede tener más de una conversación con otras computadoras o terminales al mismo tiempo.

La interconexión física (tarjeta de interfaz) necesita emplear solo una trayectoria de transmisión, en la que los paquetes para las diferentes conversaciones, son intercalados de acuerdo a la demanda del tráfico actual. Esta no solo proporciona un mejor uso del canal de comunicación, sino que también es la más apropiada a la forma que una computadora trabaja.

5.3 Características de la Conmutación de Paquetes

La conmutación de paquetes fué desarrollada específicamente para la labor de las comunicaciones entre computadoras. Con las computadoras, se incluye las terminales inteligentes y concentradores

de terminales. Este método se justifica debido a que define el modo de transporte de datos en las troncales de una Red, el multiplexaje en las conexiones de los usuarios y permitir un método más accesible y flexible en la comunicación de datos, permitiendo un gran desarrollo en la informática.

La Red Pública de Transmisión de Datos que se está implantando en México, a la cual estamos haciendo referencia, se basa en la técnica de conmutación de paquetes y por lo tanto creemos conveniente hacer mención a las características principales de la misma.

La técnica de conmutación de paquetes se basa en el multiplexaje estadístico e implica la intercalación de paquetes constituidos por porciones de longitud fija. Además, a fin de evitar que mensajes largos puedan ocupar la línea de comunicación por mucho tiempo, lo que originaría demoras importantes en la transmisión de otros mensajes, las Redes de conmutación de paquetes sólo transfieren paquetes que son bloques pequeños de datos (de tamaño fijo), con su información de direccionamiento y control apropiado y los mensajes largos se subdividen en paquetes, antes de su transmisión por la Red. Esta operación de subdivisión puede ser hecha por el equipo terminal del usuario (en este caso el equipo terminal se denomina Equipo Terminal de Datos en Modo-Paquete), o por medio de un equipo especializado que realiza la función del empaquetado y desempaqueado de datos (PAD), el cual puede ser un procesador de comunicaciones configurado como conmutador de paquetes, cuyo funcionamiento se verá en el capítulo 6 y gracias a esos equipos, la Red puede ofrecer una amplia variedad de servicios a los usuarios, desde los que emplean terminales asíncronas de baja velocidad hasta los que cuentan con terminales síncronas de alta velocidad.

Otras características no menos importantes que posee una Red de este tipo y que la hacen la más indicada en el diseño actual de las Redes Públicas, son las que a continuación se describen.

5.3.1 Direccionamiento y Enrutamiento

Un paquete entra a la Red con una dirección en su encabezado

que especifica su último destino. En principio, esta dirección podría ser convertida en el primer nodo por una especificación completa de la ruta del paquete a través de la Red. En la práctica, las decisiones de enrutamiento son tomadas secuencialmente en cada nodo donde pasa el paquete. Como las decisiones de enrutamiento son hechas individualmente, cada nodo deberá contener una tabla de enrutamiento que muestre para cada último destino la dirección en la cual el paquete deberá ser enviado.

La figura 5.1 ilustra una tabla de enrutamiento para dos nodos en una Red compleja y también muestra una ruta alternativa única en caso de que la primera esté congestionada o presente alguna falla. Por ejemplo, un paquete que arriba al nodo A y es destinado a D tendrá como su elección principal el enlace 1, el cual es el más próximo al nodo B y como segunda elección el enlace 2, el cual lo lleva directamente al nodo J.

En cada nodo en la tabla de enrutamiento determinada por medio de software, se graba la trayectoria del primer paquete transmitido, siguiendo esta misma trayectoria los subsiguientes paquetes transmitidos con la misma dirección. Cuando ocurre una falla o se da servicio correctivo alguno, las tablas de enrutamiento pueden cambiar en algunos nodos. La falla de un nodo, por ejemplo, causa que haya cambios en el nodo local y en algunos nodos de trayectorias futuras hacia su destino. Si la transmisión se realiza desde A hasta E, por ejemplo, no puede ser muy significativa debido a que los cambios de enrutamiento por falla no se harán propagar en todos los nodos. Esta es una de las ventajas de un esquema 'regionalizado' de enrutamiento; la propagación de cambios puede ser contenida.

5.3.2 Control de Flujo

Las líneas de comunicación entre nodos y los usuarios en la Red pueden operar a diferentes velocidades de transmisión de datos. Como los paquetes son almacenados en cada conmutador no hay razón para que las velocidades de las líneas debieran ser las mismas. En particular las conexiones de los usuarios son generalmente a velocidades diferentes y la Red opera para ellos como un convertidor de

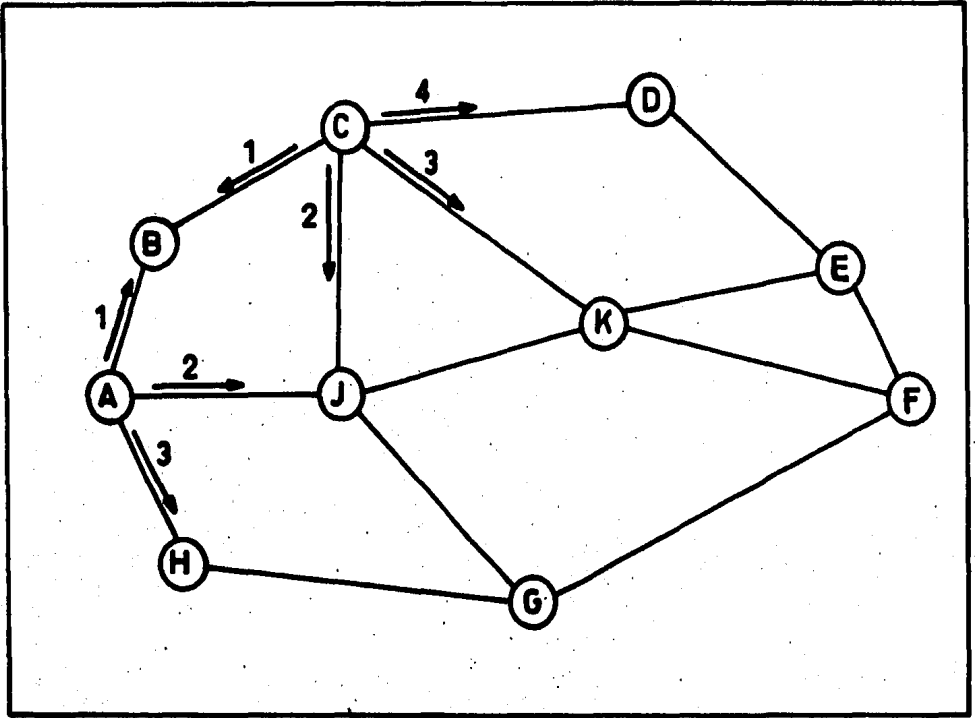


FIGURA 5.1 EJEMPLOS DE TABLAS DE ENRUTAMIENTO

Tabla de enrutamiento para 'A'

Tabla de enrutamiento para 'C'

DESTINO	RUTA	ALTERNATIVA	DESTINO	RUTA	ALTERNATIVA
B	1	2	A	1	2
C	1	2	B	1	2
D	2	1	D	4	3
E	2	1	E	4	3
F	3	2	F	3	4
G	3	2	G	2	3
H	3	2	H	2	1
J	2	3	J	2	3
K	2	3	K	3	2

velocidad. Por ejemplo, una unidad de pantalla operando a 1200 bits/seg., se puede comunicar con una computadora que tiene una línea de acceso a la Red operando a 9600 bits/seg. Esto quiere decir que en la mayoría de los casos los equipos terminales operan a velocidades más bajas que las de las computadoras.

Tomando en cuenta lo anterior, el flujo de datos que entra a la computadora son paquetes de esta terminal que generalmente serán intercalados con los de otras terminales simultáneamente.

La velocidad real a la que los datos son enviados depende de como los paquetes sean conformados y transmitidos.

La libertad para variar el flujo de datos corre un peligro, ya que el transmisor puede crear paquetes más rápidos que los que el receptor es capaz de recibir. Esto implica una necesidad de CONTROL DE FLUJO, lo cual significa que el receptor de alguna manera controle el flujo de datos del transmisor.

Cualquier sistema de comunicación puede ser sobrecargado y esta sobrecarga se manifiesta por sí misma a los usuarios en diferentes maneras.

En algunos tipos de Redes de datos los paquetes fluirán, pero el retardo se incrementará de manera que el usuario experimentará una interacción más lenta que la que él deseara. Por otro lado, como la capacidad de comunicación esta limitada, es obvio e importante usarla a su máximo límite, solo que en una Red mal diseñada la congestión llevará a una situación en la que la capacidad de transmisión total sea grandemente reducida. Se necesita entonces un diseño tal que evite este fenómeno de desaprovechamiento.

5.3.3. Control de Errores

A este respecto diseñadores de Redes han desarrollado los llamados códigos de detección y corrección de errores, a los cuales hicimos referencia en el capítulo 2.

5.3.4. Secuencia de Paquetes

Cuando los paquetes viajan independientemente a través de la Red, estos pueden arribar fuera de su secuencia verdadera. Muchas comunicaciones interactivas se efectúan por medio del intercambio alternativo de paquetes de distintos mensajes. Si el receptor espera hasta que sea recibido un paquete del transmisor antes de contestar, generalmente no hay pérdida de secuencia. El problema de secuencia surge cuando una parte envía más de un paquete y la otra parte no contesta a cada uno de ellos, es entonces importante tener un medio de recuperación de la secuencia correcta. En la práctica este mecanismo puede no ser necesario cuando la velocidad de transmisión es baja; si embargo, se recomienda tenerlo implementado.

Cuando se propuso la implantación de las Redes Públicas con conmutación de paquetes, los futuros usuarios de estas redes expresaron su preferencia por un sistema con estas características, y así no tener problemas en la transmisión de su información.

El resultado de esta discusión fué la introducción del llamado CIRCUITO VIRTUAL, el cual se explicará a continuación.

5.3.5. Circuito Virtual (VC)

La conmutación de paquetes proporciona para el transporte de paquetes desde su fuente a su destino, un servicio en el cual se logra una conversación entre los dispositivos de los usuarios y el computador, teniendo la responsabilidad de preservar una secuencia de paquetes. La pérdida de esta secuencia cuando un paquete alcanza a otro es muy improbable que ocurra, pero si es posible que este procedimiento pueda tomar formas no deseadas.

Cuando se iniciaron las Redes Públicas como empresas comerciales sus diseñadores tuvieron discusiones con un gran número de usuarios y el tema importante fué la secuencia de paquetes, lo cual era un servicio que las Redes proporcionarían, el transporte de paquetes individuales. Para esto se requería de un método de operación que preservará el orden de los paquetes y que contuviera to -

das las propiedades de un circuito de comunicación de datos y que fuera de fácil adaptación en el Software del Teleprocesamiento.

Introducir una nueva clase de servicio y crear un suceso comercial fué algo difícil. Crear algo que se aproximará a las propiedades de un circuito de datos, que ofreciera una atractiva tarifa, cambio de velocidad y características de multiplexaje en la conmutación de paquetes. Esto introdujo lo que se llama 'CIRCUITO VIRTUAL'.

Un circuito virtual tiene una de las características notables de un circuito de comunicación real, este conserva la secuencia de información.

Un circuito real no requiere del concepto de un paquete, y su retardo es constante para cada bit que es transportado, de tal manera que no hay problema de pérdida de secuencia.

Un circuito virtual de la Red retiene las ventajas de la conmutación de paquetes; esto es, cambios de velocidad e intercalado de los mismos.

Un circuito virtual cambia el significado de control de flujo. Si un paquete no es aceptado en su destino, ninguno de los que le siguen pueden ser entregados. Tan pronto como la red ha absorbido tantos paquetes como ésta puede colocar en sus memorias (buffers) para este flujo particular, la red debe detener el acceso. En este proceso está involucrado un acoplamiento estrecho de flujos del destino a la fuente, y este debe ser impuesto por la red, lo cual, por lo tanto, debe tener un registro en su almacenamiento en ambos extremos en los que el circuito virtual existe. Puesto que el transporte individual de paquetes puede ser iniciado de manera muy informal (desde el punto de vista del subsistema de comunicación) un circuito virtual necesita un procedimiento para establecerse y cuando sea necesario para terminarlo o eliminarlo.

5.3.6 Llamada Virtual

Para establecer un circuito virtual es necesario primero realizar una llamada virtual y el circuito es establecido por un pro-

cedimiento de llamada muy parecido al de la Red Telefónica. De esta manera un circuito virtual conmutado es establecido cuando el usuario hace una llamada virtual, al igual que el circuito telefónico esta llamada es bidireccional o Full Duplex.

Como la red es básicamente una red de paquetes, cada llamada virtual se involucra estableciendo una estructura o procedimiento interno que conserva los paquetes en secuencia.

Esto representa un costo para el operador de la red de tal manera que él establece el mecanismo de secuencia para cada llamada cuando esta es hecha y deshace el mecanismo cuando la llamada es desconectada.

Aquellos que planearon las Redes Públicas, cuando adaptaron la llamada virtual y decidieron que la principal forma de servicio sería de esta clase, necesitaron un nombre para distinguir la versión más simple y primaria de la conmutación de paquetes, estos describieron esto como un Servicio Datagrama.

El Datagrama no es más que el paquete común y un servicio datagrama no es otra cosa que el simple transporte del paquete. Esto no necesita de un nuevo nombre excepto para distinguirlo del contexto de la facilidad de llamada virtual.

5.3.7. Establecimiento de una Llamada Virtual

Conceptualmente, el camino más fácil para construir una Red es que ofrezca transporte simple de paquetes y añadir como característica extra la secuencia. La figura 5.2 ilustra este principio, en el centro se encuentra una Red de Conmutación capaz de transportar paquetes entre los usuarios 'A' y 'B'. Los paquetes que esta Red transporta son de dos clases, algunos son paquetes de datos que viajan entre 'A' y 'B', otros son paquetes especiales para establecer, controlar y terminar la llamada.

Para distinguir entonces los procedimientos usados en los extremos hay que reconocer el número de formatos del paquete especial. La localización usual para estos procedimientos o protocolos son los dos nodos de conmutación repartidos en 'A' y 'B'.

Las etapas de iniciación y terminación de llamada se muestran en la figura, ilustrando solamente una posible secuencia entre muchas que incluye el rechazo de la llamada o terminación desde el otro extremo. Los pasos están numerados en secuencia, pero las respuestas 5a y 6a son locales, de tal manera que su secuencia relativa es conocida.

El procedimiento empieza con un paquete de petición de llamada del usuario 'A' especificando el destino 'B'; este paquete de petición de llamada es recibido y reconocido por el conmutador local y es enviado a través de la red de paquetes hasta el conmutador remoto (destino). Una petición de llamada entonces ha viajado hasta el usuario 'B' conteniendo la dirección de éste; si el usuario 'B' acepta la llamada éste envía un paquete de aceptación de llamada, el cual es enviado al usuario 'A' a través de la Red. En todos estos intercambios el establecimiento de la llamada ha sido monitoreada por los dos nodos de conmutación en los extremos de la llamada lo que permite establecer los procesos de cómputo necesarios, almacenamiento para paquetes y números de serie para implementar el circuito virtual. La parte principal de la llamada comienza con el intercambio de paquetes manteniéndolos estrictamente en secuencia por los mecanismos del protocolo de la llamada virtual. Al final de la conversación, un paquete de petición de terminación de llamada de uno de los dos usuarios es confirmado y envía un paquete a través de la Red para informar al otro extremo que dé por terminada la llamada.

La implementación de una llamada virtual de esta manera tiene las ventajas de que le permite a la Red ser muy sencilla y proporciona a las alternativas de enrutamiento la habilidad de ser usadas al máximo.

Una implementación alternativa se ilustra en la figura 5.3 la red principal simplemente transporta paquetes pero es capaz de man tener registros de las trayectorias a través de la Red para cada una de las llamadas virtuales que realiza. Para cada llamada que es establecida se encuentra una trayectoria a través de la Red, y un registro de ésta se mantiene en cada uno de los nodos de conmu-

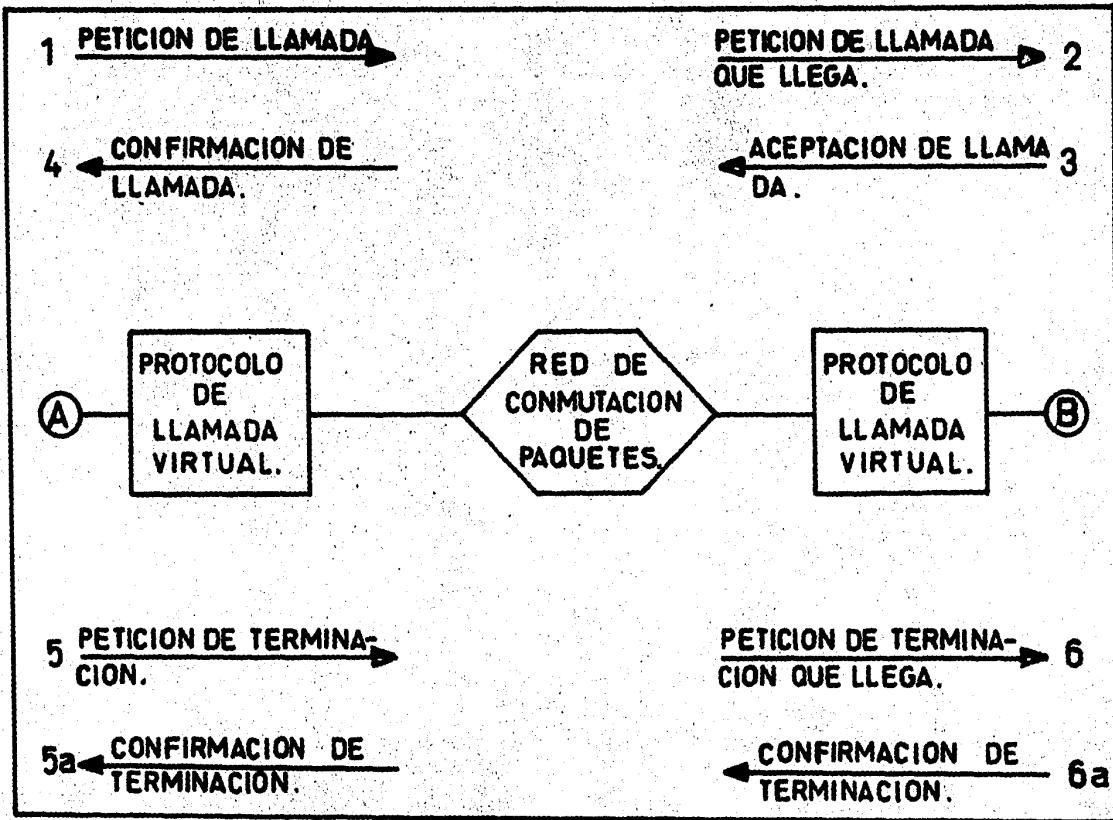


FIGURA 5.2 ESTABLECIMIENTO DE UNA LLAMADA VIRTUAL

tación intermedios, de tal manera que los paquetes que le suceden de la misma llamada pueden seguir la misma trayectoria.

Un paquete de petición de llamada que procede del usuario originador y su conformación a un paquete especial, el cual encuentra una trayectoria a través de la red a el usuario llamado, usando un procedimiento de enrutamiento, puede ser el mismo que en una red de transporte de paquetes (datagrama). Diferente a un paquete simple, el paquete encuentra una ruta y deja un registro de esta trayectoria en cada nodo de conmutación por el cual pasa hasta llegar a su destino. El paquete de aceptación de llamada retorna por la misma trayectoria y todos los paquetes subsecuentes de la conversación usan esta ruta fijada; si ocurre una falla entre los conmutadores o a lo largo de la trayectoria, causaría que la llamada sea liberada; este problema se solucionaría, ya sea duplicando los conmutadores o las líneas, pero este es un problema que puede ser manejado más naturalmente en el primer método de implementación.

El segundo método de implantación tiene una ventaja de compensación; los paquetes pasando individualmente a través de la red pueden llevar su dirección completa de su destino.

Cada enlace entre nodos identifica (por un esquema numerado propio) a todas las llamadas virtuales que está transportando. Dentro de un nodo de conmutación un patrón de conexiones de un circuito virtual es representado por una tabla que muestra los números de enlace que estan conectados a otros, la figura 5.3 muestra como esta dirección esta referida a la tabla de conexión que determina la identificación de los enlaces por los que sale y la nueva dirección sobre ese enlace.

La economía a la dirección se aplica a los paquetes transportados durante la conversación, pero el paquete de petición de llamada puede llevar la dirección completa de la fuente y destino, porque las conexiones no son aún establecidas.

5.3.8 Circuito Virtual Permanente (PVC)

Aquellos quienes usan la red telefónica para transmisión de

datos pueden emplear, ya sea llamada telefónica conmutada o una línea arrendada. Generalmente, si tienen suficiente tráfico para ocupar una línea para unas cuantas horas por día, será necesario para ellos arrendar una línea.

Se ha identificado una característica para una red con circuitos virtuales y es llamada Circuito Virtual Permanente. En este caso un circuito virtual es establecido con la duración de una conexión entre el usuario y la red, y está disponible para enviar un paquete en una de las dos direcciones en cualquier momento. Esta tiene todas las características de una llamada virtual sin los procedimientos de establecimiento y liberación de la llamada. El servicio que es ofrecido sobrepasa a una llamada conmutada que solamente puede o no pasar si hay la posibilidad de congestión; sin embargo, si la red presenta congestión ésta tendrá que rechazar las otras llamadas, pero los circuitos virtuales permanentes permanecerán establecidos y serán capaces de transportar tráfico, asumiendo que el control de flujo es bueno y que la congestión es evitada.

5.4 Circuitos, Mensajes y Paquetes

Cuando se hace una comparación de los tres métodos de conmutación (paquetes, circuitos y mensajes) se encuentran ventajas y desventajas que varían de acuerdo a la clase de información y las necesidades de los usuarios.

Notamos primero que existe una diferencia básica entre estas clases de técnicas.

La conmutación de paquetes implica el intercambio de paquetes sobre las líneas una clase de multiplexaje enlazado al método de conmutación.

Lo anterior es semejante para la conmutación de mensajes.

Hay tres aspectos de la conmutación de paquetes vistas como desventajas y las tres son descritas a continuación, estas son: El retardo debido al almacenamiento, la variación en el retardo y el procesamiento del encabezado. En efecto, el retardo puede ser tole

rado dentro de ciertos límites tales como 100 ms. para redes actuales y 10 ms ó 1 ms, cuando la velocidad de transmisión o el tráfico se incrementan.

La variación en el retardo puede provocar una pérdida de secuencia, pero esta puede ser evitada mediante ciertos protocolos y es prevenida en muchas Redes actuales.

El procesamiento del encabezado podría ser significativo en muchos mensajes largos, pero no es importante para interacciones pequeñas.

La conmutación de paquetes puede ser más económica que la conmutación de circuitos en el uso de líneas de transmisión, ya que intercala paquetes de diferentes fuentes de acuerdo a la demanda que hagan de la capacidad del canal. Esta economía es a menudo debida a los encabezados de los paquetes del inicio y a los paquetes de control de varias clases, esto produce una economía donde el uso de un circuito podría ser intermitente o compartido-el caso con muchas comunicaciones por computadora y muchas clases de interacciones con terminales.

Para muchas interacciones pequeñas, la conmutación de circuitos lleva un encabezado significativo de procesamiento, transmisión, retardo en el establecimiento de un circuito y la liberación del mismo. Aproximadamente, podemos estimar que este encabezado iguala a cuatro transmisiones de paquetes a lo largo de la trayectoria tomada por el circuito.

El intercambio dinámico en la línea de transmisión portadora de paquetes es usada entre nodos de conmutación y también entre la red y sus usuarios, esta técnica no solo es importante y eficiente en la línea del usuario, sino que también satisface a la interacción de sistemas de computadora en modo multiacceso. Este principio de intercalado de paquetes se ilustra en la figura 5.4.

Los paquetes de muchas fuentes se intercalan en un patrón que depende de sus velocidades de producción y son transferidos a través de la línea única del usuario de la terminal 'D'; por lo tanto D puede ser ocupada en interacción con 'A', 'B' y 'C' al mismo tiempo.

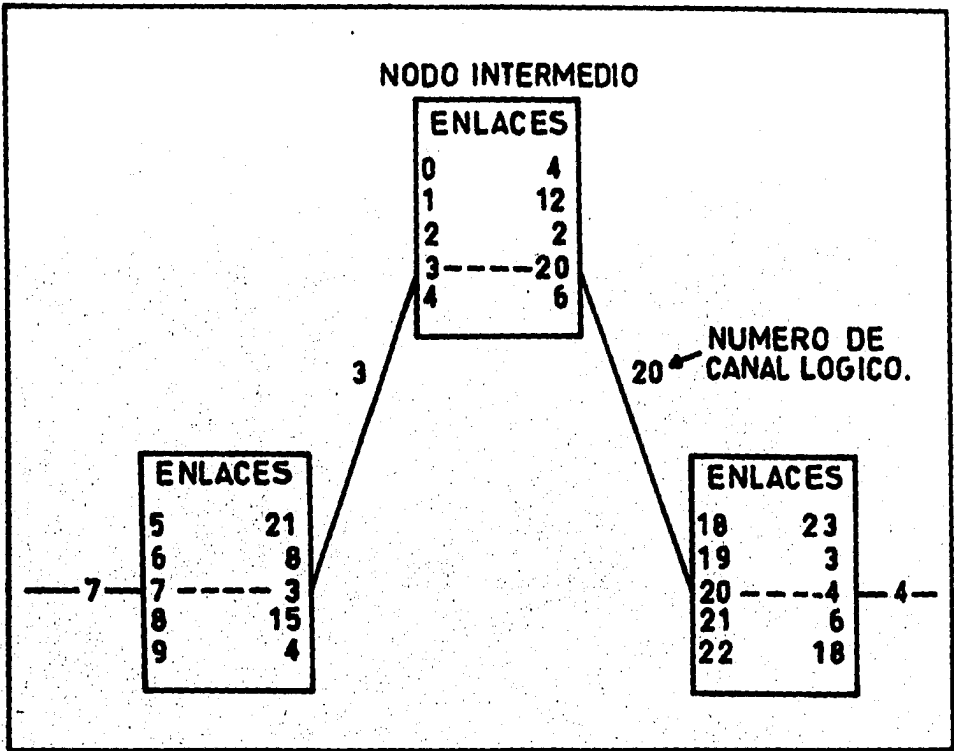


FIGURA 5.3 SEGUNDO METODO DE IMPLEMENTACION DE LLAMADA VIRTUAL

La conmutación de paquetes está asociada con aspectos de la comunicación de datos, tales como el control de flujo y control de errores. Estos no son usualmente mencionados en conexiones con una red de circuitos. No obstante estos aspectos son esenciales en ambos casos y se agregan a una conexión de un circuito en la forma de procedimiento de enlace de datos extremo-extremo, tal como el Protocolo HDLC. Es quizá una ventaja que la conmutación de paquetes combine estas características en el servicio de la red. Al menos esto hace responsable a la red de comunicaciones para el control de errores.

La comparación de conmutación de paquetes con conmutación de mensajes es también interesante, ya que estas técnicas son superficialmente similares. La diferencia consiste en la naturaleza interactiva de la comunicación del paquete comparada con el transporte de un mensaje a la vez. Los registros de almacenamiento para 'men

sajes largos' usados en la conmutación de mensajes, puede llevar a retardos largos y ciertamente prohibiría el uso interactivo de este tipo de sistema de conmutación. En la figura 5.5 se muestran en la transmisión de información.

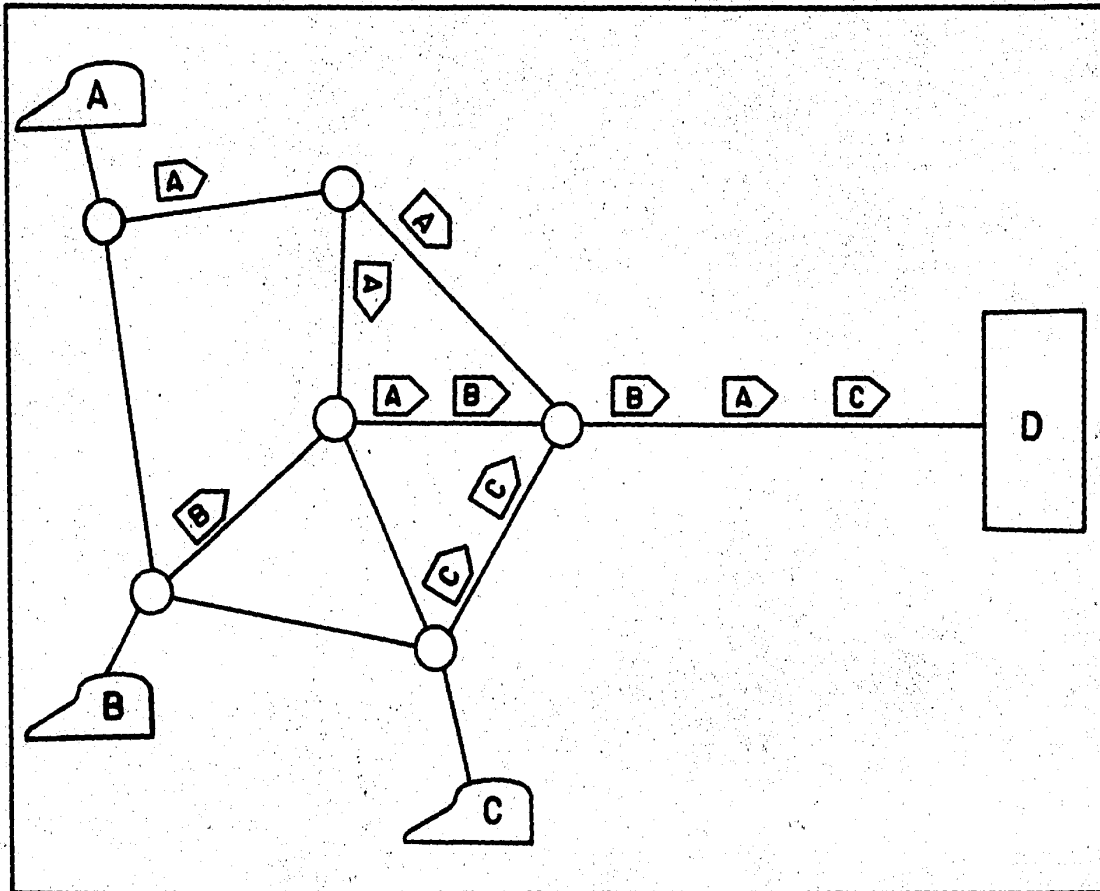


FIGURA 5.4. RED DE CONMUTACION DE PAQUETES COMO UN MULTIPLEXOR DE DEMANDA

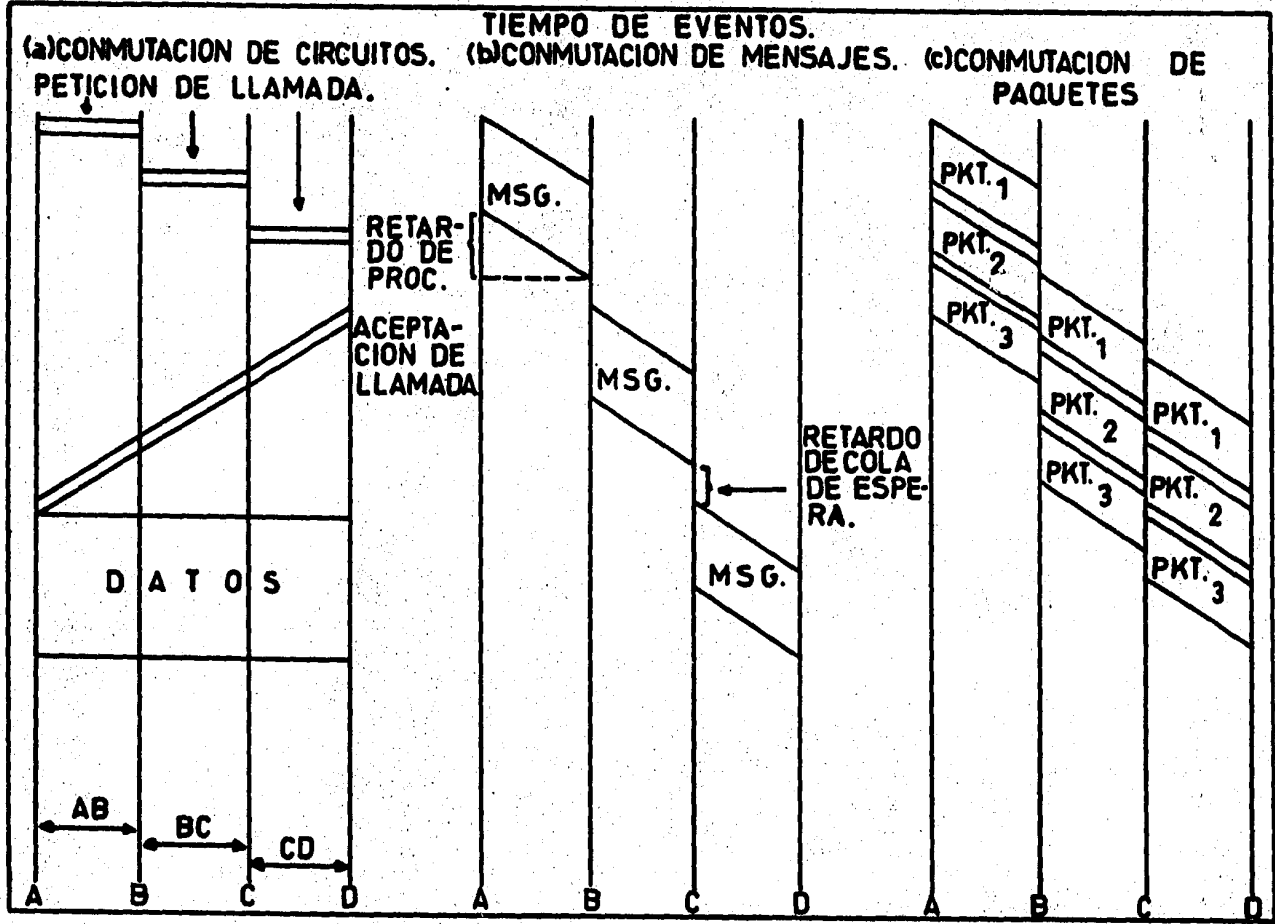


FIGURA 5.5 RETARDOS DE LAS TRES TECNICAS DE CONMUTACION

C A P I T U L O 6

Arquitectura, Funcionamiento y Operación del Procesador de Comunicaciones de la Red Pública de Transmisión de Datos

La arquitectura del procesador de comunicaciones (TP serie 4000), utilizado en la RPTD, ha sido diseñada para proporcionar enlaces entre equipos terminales de datos (ETD) utilizando la tecnología de conmutación de paquetes. Las principales características de un procesador de comunicaciones son:

- . Poder procesador modular (0.5 a 35 millones de instrucciones/seg.)
- . Memoria modular (arriba de un Mbyte).
- . Redundancia completa (incluyendo canales, fuentes, etc.)
- . Separación funcional de procesadores.
- . Módulos de interfaz eléctrica independientes.
- . Protección de paridad sobre la memoria, direcciones y datos.
- . Protocolos de línea síncronos y asíncronos.
- . Soporta desde 4 a 256 líneas de abonados.
- . Características de pruebas automáticas.
- . Razón de 50-56 Kbaudios.

Dependiendo de estas características y el software utilizado, el procesador de comunicaciones puede configurarse para trabajar como:

- . Concentrador
- . Multiplexor
- . Procesador Frontal de Datos

. Conmutador de Paquetes

Debido a las características del diseño de la red, el procesador de comunicaciones es configurado para trabajar como conmutador de paquetes. Con esta configuración se logra una máxima eficiencia en la transmisión de datos a larga distancia, ya que ofrece principalmente: soporte de un mayor número de usuarios, soporte de protocolos estandarizados, mayor capacidad de memoria, modularidad funcional, bajo costo, etc., características que no poseen las otras formas en las que se puede configurar este procesador.

El hardware del equipo ha sido probado para simplificar el desarrollo del software y para proporcionar ayuda en el diagnóstico.

La modularidad del sistema admite que sea configurado en modo redundante (ver figura 6.1), es decir, se cuenta con módulos de respaldo en el mismo equipo, con lo cual ninguna falla parcial puede causar una falla total del equipo, y además permite ampliar la capacidad del mismo.

En configuraciones redundantes los sistemas pueden tener 1 ó 2 CPU's (Unidad Procesadora Central), usadas cuando proporcionamos adicional proceso de capacidad para sistemas de alta ejecución. Incluye también dos bancos de memoria central de 256 Kbytes cada uno.

Los componentes que constituyen al procesador de comunicaciones con redundancia se muestran en la figura 6.1. Todos los procesadores que integran la Red tienen acceso a una memoria principal común, teniendo además una memoria dedicada de menor capacidad que opera independientemente sobre el trabajo específico de cada procesador. La figura 6.2 describe la arquitectura del procesador de comunicaciones.

La memoria principal está organizada dentro de dos bancos de memoria separados. Cada posición es de 8 módulos de 32 Kbytes, proporcionando una capacidad total de memoria principal de 512 Kbytes. Cada banco de memoria es controlado por una tarjeta lla-

mada 'Arbitro' el cual coordina la transferencia de datos entre la memoria y los canales del sistema. Cualquier procesador puede operar con el canal A ó B. Sin embargo, las restricciones del software permiten que el canal A funcione solamente con la memoria A y el canal B con la memoria B.

La comunicación a alta velocidad entre las CPU's puede tomar lugar a través del enlace entre CPU's. En suma, cada CPU tiene 16 Kbytes dedicados de memoria local, admitiendo el proceso sustancial por cada una de las CPU's solamente.

El acceso a las líneas de comunicación es ejecutado a través de un cierto número de tarjetas llamadas Unidades Procesadoras de Líneas (LPU's). Todas están interconectadas independientemente de los canales A y B, y cada LPU tiene su propio microprocesador y 8 Kbytes de memoria local la cual habilita manipular más el proceso de alta velocidad para el soporte de las líneas de comunicación.

MEMORIA PRINCIPAL

Las funciones principales de la memoria son almacenar la información a ser transferida, la programación de las CPU's y LPU's, las tablas de identificación de los usuarios, las de enrutamiento, la implementación del protocolo X.25 y la información necesaria para cargar al sistema cuando éste entra en funcionamiento.

Está formada por 8 módulos de memoria RAM de 32 Kbytes cada uno, protegidos por 1 bit de paridad. La memoria total está comprendida en un arreglo de 64 circuitos integrados de memoria MOS dinámico de 4 Kbytes.

Tres informaciones proporciona la interfaz que conecta a la memoria principal y al árbitro:

1. Canal de entrada de direcciones a la memoria; es un canal de 20 bits, de los cuales, 18 bits son de direcciones y 2 son de paridad, que van desde el árbitro a la memoria.
2. Canal de entrada de datos a la memoria; es un canal de 10 bits, de los cuales 8 son de datos, 1 bit de paridad y la señal de control Read/Write (leer/escribir) que va desde el árbitro a la memoria.

3	2	1	0	A	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
		MEMORIA		ARBITRO	CP	HS	HS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	FUENTE DE PODER					
		32K				LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP						
						S	S	S	S	S	S	S	S	S	FUENTE DE PODER					
						EIA	EIA	EIA	EIA	EIA	EIA	EIA	EIA	EIA						
		MEMORIA		ARBITRO	CP	HS	HS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	FUENTE DE PODER					
		32K				LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP						
						D	D	D	D	D	D	D	D	D	FUENTE DE PODER					
						EIA	EIA	EIA	EIA	EIA	EIA	EIA	EIA	EIA						

S-CONMUTACION.
D-DRIVER

FIGURA 6.1 PROCESADOR DE COMUNICACIONES CON REDUNDANCIA COMPLETA

S: Switch (Conmutación)
D: Driver (Controladora)

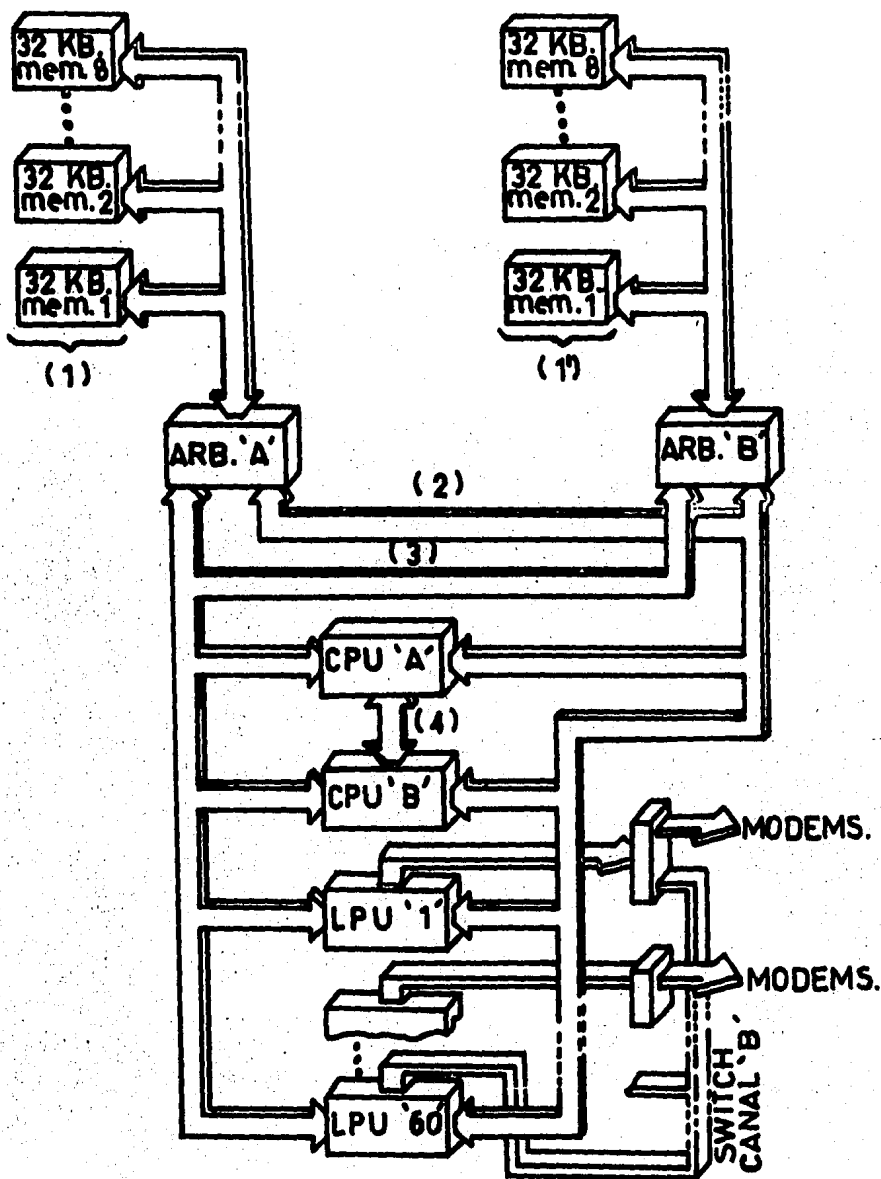


FIGURA 6.2 ARQUITECTURA DEL PROCESADOR DE COMUNICACIONES

- (1) Banco de memoria 'A' de 256 Kbytes
- (1') Banco de Memoria 'B' de 256 Kbytes
- (2) Canal 'B': Datos, comunicación y Dirección
- (3) Canal 'A': Datos, comunicación y Dirección
- (4) Enlace entre CPU's

3. Los datos de ambos canales son atrapados dentro de la memoria mediante una señal de control generada en el árbitro.

La memoria principal provee de un chequeo de paridad en ambos canales. Si se detecta un error de paridad pueden ocurrir dos cosas: que una señal de error de paridad de dirección sea enviada al árbitro, o bien, que se retorne una señal de error de paridad en la información.

ARBITRO

Consiste de una tarjeta de circuito impreso la cual opera conjuntamente con los módulos de memoria principal. Tiene la responsabilidad del control de todos los accesos y la contención a la memoria principal de cada uno de los canales por las CPU's y las LPU's.

Además del canal de control, el árbitro proporciona otros servicios a lo largo del sistema. De particular importancia son los dispositivos de control de error de memoria. Si un error de memoria ocurriese, el tipo de error es grabado en el registro de error de memoria. La localidad en la cual este ocurrió se mantiene en el registro de dirección de fallas. Así, es posible no tomar en cuenta módulos de memoria con fallas permanentes y pedir automáticamente una acción de mantenimiento al Centro de Control de la Red (CCR).

En muchas aplicaciones algunas localidades de memoria son accedidas de manera impropia. Así, un probador de memoria produce ciclos continuamente a través de la memoria para checar los errores que ocurren en un momento determinado.

Su memoria PROM, proporciona 4 Kbytes de almacenamiento no-volátil accesible para una CPU o LPU y permite la inicialización del sistema, configuración y carga del mismo para realizarse en forma automática. Contiene 16 módulos de puenteo de 1 byte cada uno, para la identificación de la unidad específica en la Red, como se ilustra en la figura 6.3.

Los 16 módulos de identificación del procesador localizados en el módulo del árbitro se subdividen en:

- Módulos 0-4 Con el puentéo de estos módulos se programa la dirección del procesador. Por ejemplo, la dirección mostrada en la figura 6.3, 98300100 corresponde a la ciudad de Monterrey, que equivale a la clave LADA de la misma, para una mayor facilidad en su manejo.
- Módulos 5-9 Con el puentéo de estos módulos se programa la dirección del CCR a la cual el procesador le solicita la petición del programa de cargado del mismo.
- Módulos 10-11 En estos módulos se programa el código de identificación de la red de datos (DNIC). Por ejemplo, el 3340 equivale al número de identificación de la Red Pública en México.
- Módulo 12 En este módulo se programa el tamaño o capacidad de la memoria (256 Kbytes para todos los procesadores en la Red) y si se requiere que el sistema sea redundante o no.
- Módulo 13 En este módulo se programa la posición del módulo de LPU en el chasis del procesador y la línea por medio de la cual se solicita el programa de cargado al CCR. Por ejemplo, en la figura 6.3, la petición se puede realizar en la tarjeta localizada en el Slot 1 (Alta Velocidad HS), la cual posee 8 líneas o puertos síncronos.
- Módulos 14-15 En el módulo 14 se programa la relación de reloj para la sincronización entre procesadores. En la Red todos los procesadores son programados con reloj externo. En el módulo 15 se programa el tipo de diagnóstico, automático o manual, que se requiere en el procesador.

En resumen, las funciones principales del árbitro son:

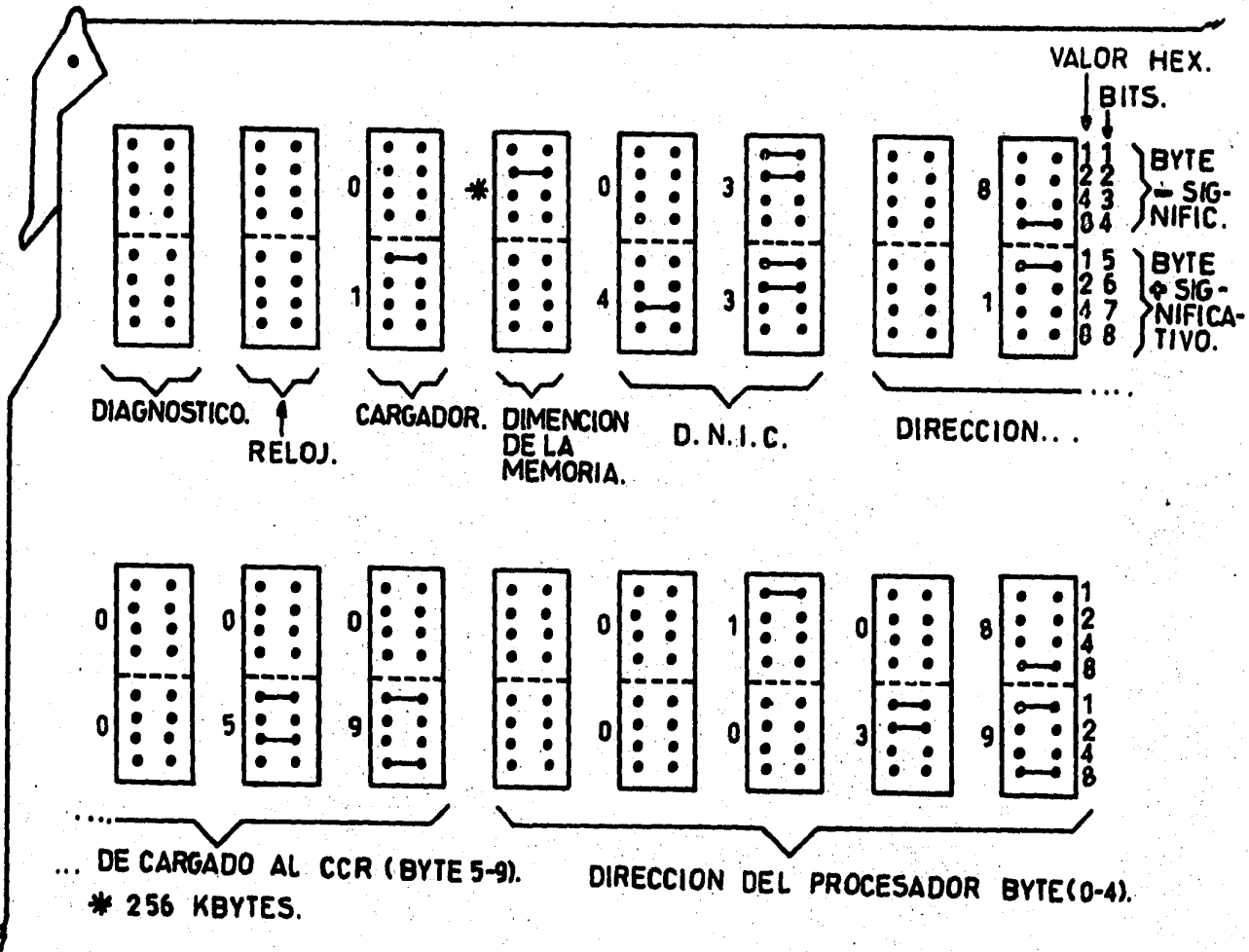


FIGURA 6.3 PUENTE DEL ARBITRO

- Control del canal de acceso a la memoria principal por las CPU's y las LPU's.
- Proporciona un probador de memoria automático (AMT) para checar errores.
- Realiza una labor de control de error de memoria.
- Manejo de interrupciones entre procesadores.
- Proporciona una configuración por medio de puentes, para identificar al procesador en la Red.

En la figura 6.4 se ilustran estas y otras funciones adicionales que también puede realizar el árbitro.

UNIDAD DE PROCESAMIENTO CENTRAL (CPU)

La CPU está constituida solamente de una tarjeta de circuito impreso. Los componentes principales de una CPU son:

- Memoria Local
- Relojes de Sincronización
- Microprocesador Local

Aunque las funciones del CPU no son funciones de manejo de línea, podríamos resumirlas como:

- Ejecuta el software del procesador.
- Responsable del control del procesador.
- Trabaja la mayoría del sistema operativo, el cual incluye funciones tales como:
 - . Comunicación entre tarjetas
 - . Manejo de la memoria de soporte (buffer).
 - . Control de redundancia.
 - . Reporte del estado del procesador.
- Incorpora la recomendación X.25 para el nivel de paquete, el cual especifica procedimientos para la ejecución de la fun-

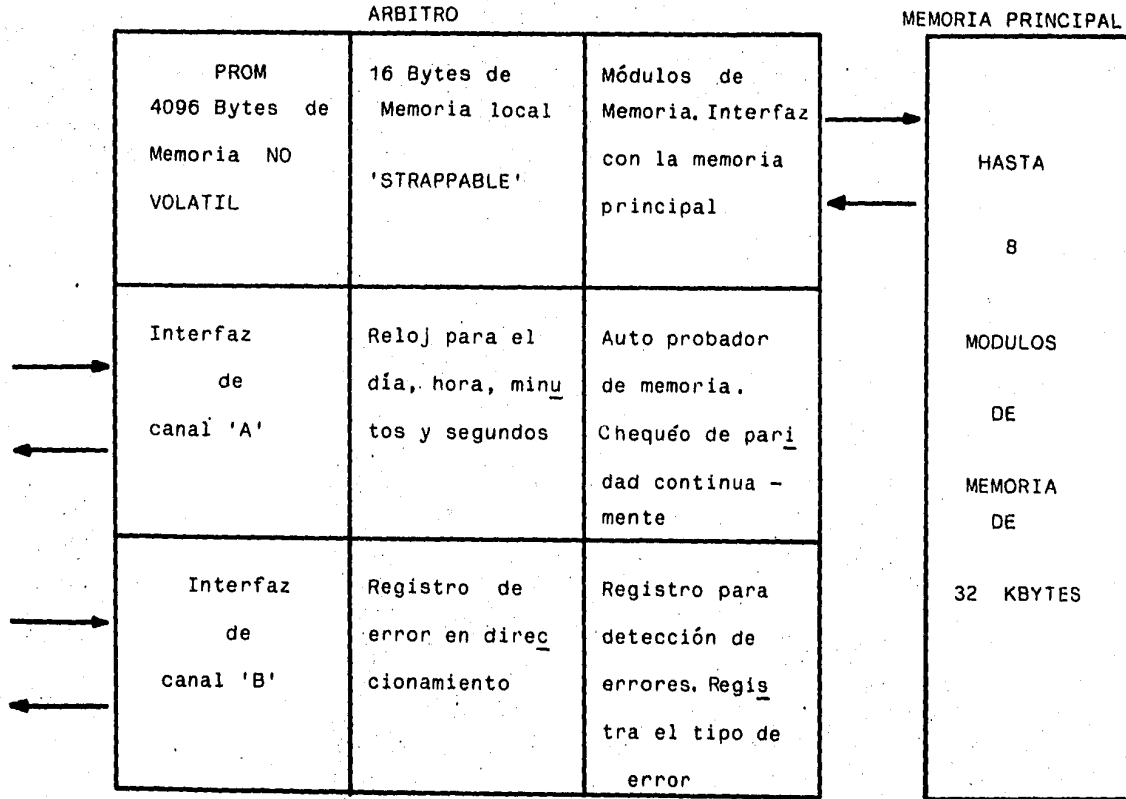


FIGURA 6.4 FUNCIONES DEL ARBITRO

ción de conmutación.

Bloques principales del CPU (figura 6.5) :

- Memoria
- Microprocesador
- Interfaz local TTY
- Registro de interruptor de control
- Enlace entre CPU's
- Watch dog timer (sin traducción)

Además, el CPU consta de varias interfaces:

- Un canal paralelo de entrada/salida de 8 bits. Proporciona un punto sensor y excitador para monitoreo, lo que controla las funciones de conmutación para las LPU's.
- Permite a la CPU configurar al procesador (selección de asignación de demanda de los canales), árbitro, paridad del canal y LPU.
- Proporciona un enlace directo entre los dos CPU's.
Permite a la CPU acceder a la memoria remota en uno de los dos canales de asignación de demanda.

MEMORIA DEL CPU

La memoria se divide en dos tipos: memoria local y memoria remota. La memoria local es la que se encuentra en la misma tarjeta y la memoria remota es aquella que se encuentra fuera de ésta (árbitro o memoria principal). La memoria local se subdivide en:

- . Memoria RAM local (volátil)

La CPU tiene 16 Kbytes de memoria RAM en la tarjeta. Esta memoria sirve ya sea como almacén de datos o de programas, y está protegida en su paridad.

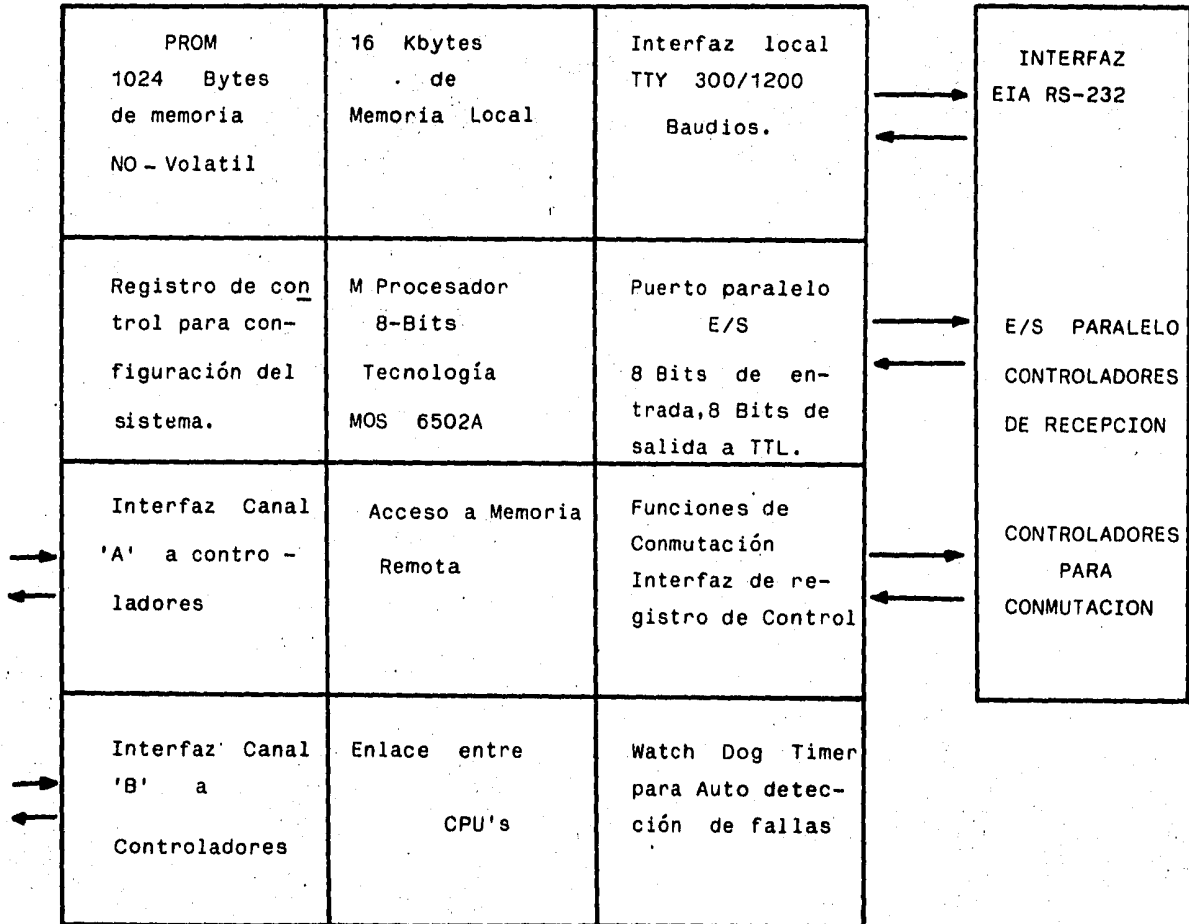


FIGURA 6.5 DIAGRAMA A BLOQUES DE LA CPU

. Memoria ROM local (no volátil)

La CPU tiene una memoria ROM local de 1 Kbyte la cual proporciona un almacenaje no-volátil. Esta memoria es direccionada de acuerdo al rango de direccionamiento lógico de 16 bits del microprocesador.

. Memoria para registro del hardware del procesador (volátil).

Todos los registros usados para funciones de control o para entrada y salida son accedidos a través de localidades especiales de memoria. A estas localidades se les llama 'Registro de Hardware'.

La memoria remota consta de localidades de almacenaje y registros de hardware que están físicamente localizadas ya sea en el ábitro o en unidades de memoria central. El acceso a estas localidades es a través de uno de los canales comunes de datos o direcciones.

En vista de que estos canales son comunes a las CPU's y LPU's existe una asignación de demanda. Un ciclo de acceso a memoria remotas toma más o menos de 2 a 3 mseg.

MICROPROCESADOR

Este microprocesador es usado tanto en la CPU como en las LPU's de los procesadores de comunicación utilizados en la Red, figura 6.6. Todos los registros del programa son accesibles y el canal de datos externo ocupa 8 bits. El canal de direcciones (usado para acceso externo, instrucciones del programa, y entrada/salida de registros) es de 16 bits. El contador de programa en él, posee la dirección presente de memoria externa para la ejecución del programa. Este contador, el cual es de 16 bits, no puede ser directamente accesado por el programador.

Los registros A, X y Y están disponibles para uso de un programa general. Algunas operaciones, tales como incremento, decremento, cargado desde la memoria, y almacenaje dentro de la memoria, pueden ser hechos con cualquier registro general. Otras operaciones pueden ser ejecutadas solamente con registros particulares. El registro A es un acumulador para operaciones aritméticas. Los registros X y Y pueden ser usados como registros index, los cuales sirven para el modo de direccionamiento de los datos.

El indicador de pila es un registro de 8 bits, el cual almacena la próxima locación a ser usada por el programador para agregar o remover datos.

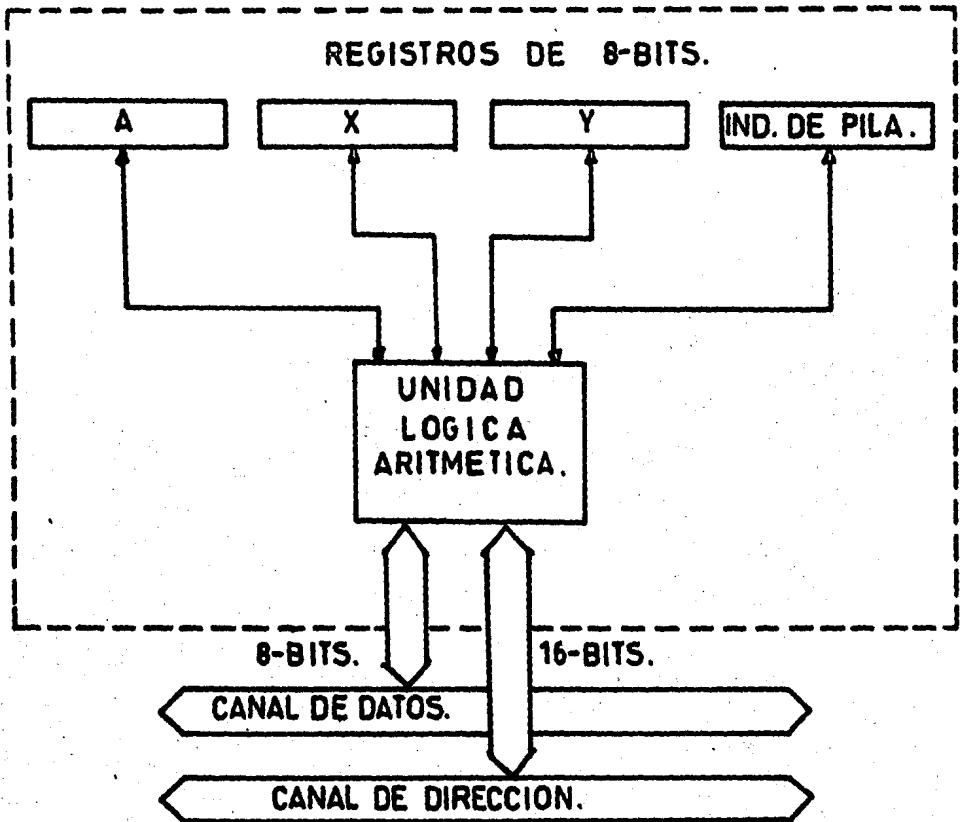


FIGURA 6.6 ARQUITECTURA DEL MICROPROCESADOR 6502A

INTERFAZ TTY LOCAL

La CPU tiene una interfaz TTY local que es para transmisiones asíncronas con paridad par y un bit de paridad. Un interruptor de velocidad en el panel frontal selecciona ya sea una razón de bauds de alta o baja velocidad. Además, la razón de alta velocidad (HS) puede ser cambiada ya sea de 9600 a 1200 bauds. La razón de baja velocidad (LS) puede ser cambiada de 1200 a 300 bauds.

REGISTRO DEL INTERRUPTOR DE CONTROL

La redundancia completa está disponible a través del uso de una tarjeta de interrupción entre cada LPU y sus líneas de comunicación asociadas. Los interruptores son controlados por el CPU maestro para transferir las líneas a una LPU redundante. Cada interruptor es direccionado por su SLOT de la LPU y el número de chasis.

ENLACE ENTRE CPU'S

La CPU tiene un canal de comunicaciones separado para la CPU redundante a través del enlace multiprocesador. La razón de transferencia de información es aproximadamente de 2400 bytes/seg. El enlace tiene un formato asíncrono estándar con 8 bits de datos, un bit de parada y paridad impar.

WATCH DOG TIMER

La CPU tiene un dispositivo de seguridad diseñado para originar su reestablecimiento si su actividad de procesamiento cae abajo del nivel mínimo. El Watch Dog Timer es activado una vez que éste ha sido escrito y permanece activo hasta que un reestablecimiento ocurra. Si el Watch Dog Timer ha sido activado y no se le ha escrito nada durante 140 mseg., una señal va hacia el otro CPU indicando que este CPU ha fallado; después de un período de 10 mseg., este CPU se reiniciará. Si el operador decide no usar el Watch Dog Timer, entonces este se mantendrá inactivo. Bajo tales condiciones el Watch Dog Timer no tendrá efecto sobre la operación del CPU.

CONTROLES E INDICADORES DEL PANEL FRONTAL

Los indicadores del panel frontal indican el estado de la CPU y del sistema. Estos indicadores son los siguientes: (ver figura 6.7)

- DS1 ON Indica que este CPU está en el estado maestro.
- DS2 ON Indica que el canal A se está utilizando.
- DS3 ON Indica que el canal B se está utilizando.
- DS4 ON Indica qué interrupciones son permitidas por el AMU A

- DS5 ON Indica que interrupciones son permitidas por el AMU B
- DS6 ON Indica que el CPU maestro tiene la AMU A en el canal B y la AMU B en el canal A. Si está apagado se tiene lo contrario.
- DS7 ON Indica que la CPU maestra tiene todas las LPU's forzadas en el canal A.
- DS8 ON Indica que la CPU maestra tiene todas las LPU's forzadas en el canal B.
- DS9 ON Indica que el interruptor del panel frontal (S1) está en la posición MANUAL.
- Z37 (Interruptores). Cuando una CPU está en operación manual, definida por S1:
- Z37 8 Forzadas todas las LPU's al canal B.
 - Z37 7 La AMU A sobre el canal B.
 - Z37 6 Todas las LPU's sobre el canal A.
 - Z37 5 Acepta interrupciones desde el AMU B.
 - Z37 4 Selecciona el canal B.
 - Z37 3 Acepta interrupciones desde la AMU A.
 - Z37 2 Canal activo (A o B).
 - Z37 1 Esclavo (o maestro).

S1 AUTOMATICO/MANUAL

Si este interruptor está en la posición hacia abajo, la LPU está en operación automática y el registro de control de redundancia está bajo control del software. Si este interruptor está en la posición hacia arriba, entonces la operación manual se selecciona y el control de redundancia es establecido por el Z37.

S2 ALTA/BAJA VELOCIDAD

Se controla la velocidad de la interfaz TTY local. En la posición hacia abajo indica que opera a baja velocidad, y en la posición superior indica procesamiento a alta velocidad.

S3 CONSTA DE 3 POSICIONES:

Operación normal (posición central), restablecimiento momentá-

neo (posición hacia arriba), y restablecimiento permanente (posición hacia abajo).

Unidades Procesadoras de Línea (LPU's)

Existen tres tipos de LPU's disponibles, de acuerdo a la configuración del procesador.

1. Unidad Procesadora de Línea Síncrona (8 Líneas)
2. Unidad Procesadora de Línea Asíncrona (8 Líneas).
3. Unidad Procesadora de Línea Asíncrona (4 Líneas)

Unidad Procesadora de Línea Síncrona (SLPU-8 Líneas)

Es un módulo procesador que consiste de un microprocesador MOS tecnología 6502A, memoria local (8Kbytes), relojes generados localmente y 8 líneas de comunicación. Estas 8 líneas son totalmente independientes (velocidad, longitud de carácter, paridad, CRC, etc.).

En la figura 6.8 se muestra un diagrama a bloques de la SLPU, la cual consiste de los siguientes bloques:

- . RAM local (8 Kbytes)
- . PROM local (512 bytes)
- . Microprocesador (tecnología MOS 6502A)
- . Acceso a la memoria remota.
- . Watch Dog Timer
- . Puertos síncronos

Como se puede observar, estos bloques, a excepción de los puertos síncronos, están contenidos también en la CPU, por lo que desempeñan la misma función en el proceso de la información, dentro de la LPU.

Los puertos síncronos pueden ser usados para soportar, ya sea, protocolos X.25 y X.75. Cuando son usados con estos protocolos, la tarjeta de 8 líneas puede soportar un total acumulativo de 76.8 Kbps., con un límite de velocidad de línea individual de 9.6 Kbps. Este tipo de tarjeta soporta solamente la recomendación HDLC (Control de Enlace de Datos de Alto Nivel) a nivel de trama de X.25 y X.75.

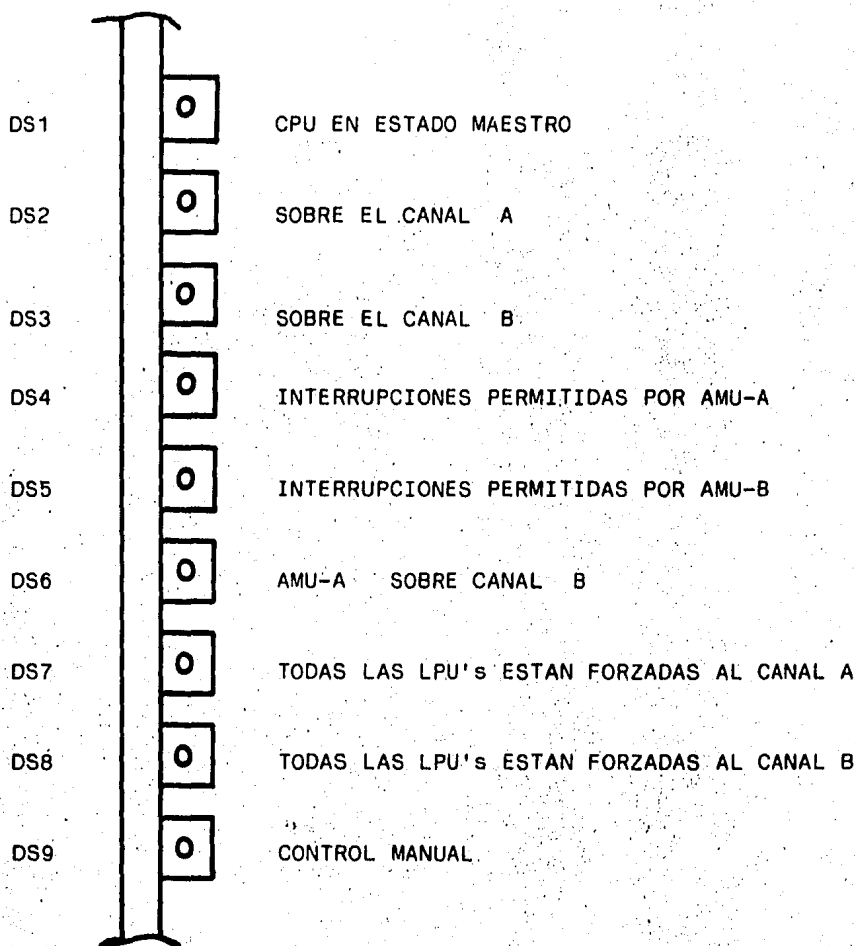


FIGURA 6.7 INDICADORES DEL PANEL FRONTAL

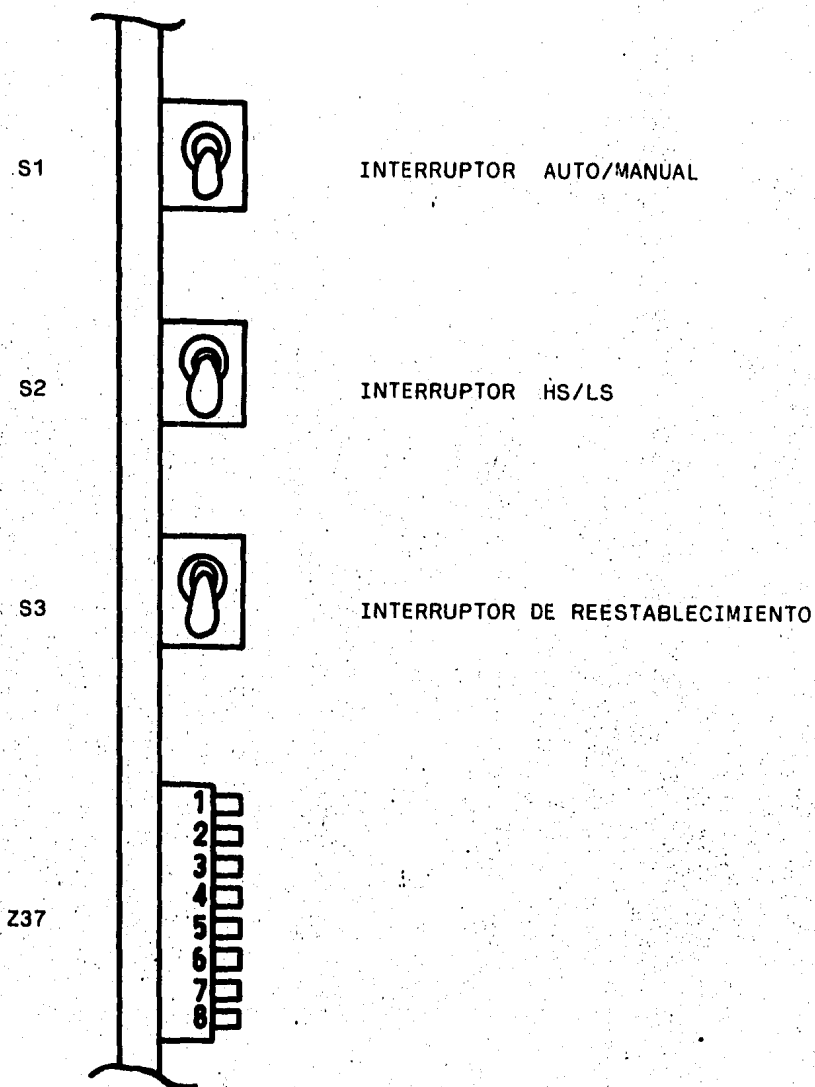


FIGURA 6.7 (cont.) INDICADORES DEL PANEL FRONTAL

Esta LPU poseeé tres interfaces básicas; la primera permite la comunicación con el resto del sistema vía dos canales; la segunda permite a los puertos síncronos ser interconectados con las líneas externas, vía distintos tipos de módulos convertidores interfaz-nivel; la tercera proporciona la energía de DC requerida por el módulo.

Cada una de las líneas síncronas en la LPU proporcionan una medida de conversión entre los datos en paralelo (8 bits) en el microprocesador y los datos en serie, es decir, convierte los datos de serie a paralelo y viceversa. El chequeo de redundancia ciclica (CRC) es proporcionado para cada una de las líneas independientemente a través de registros contenidos en la tarjeta. Esto se realiza en una interfaz de línea síncrona.

Unidad Procesadora de Línea Asíncrona (ALPU-8 Líneas)

Esta unidad consiste de un microprocesador 6502A, memoria local, relojes generados localmente, y 8 líneas de comunicación asíncronas. Estas 8 líneas son totalmente independientes (velocidad, longitud del caracter, paridad, bits de arranque y parada, etc).

La figura 6.9 muestra un diagrama a bloques de esta unidad. Consiste de los siguientes bloques:

- . Memoria RAM local (8 Kbytes).
- . Memoria PROM local (512 bits)
- . Microprocesador
- . Acceso a la memoria remota
- . Watch Dog Timer
- . Puertos Asíncronos

Esta unidad poseeé dos interfaces básicas; la primera permite la comunicación con el resto del procesador, vía dos canales; la segunda permite a los puertos asíncronos ser interconectados con las líneas externas usando diferentes tipos de módulos de interfaz.

Todos los bloques especificados anteriormente, excepto los puertos asíncronos, son funcionalmente idénticos a los bloques contenidos en la SLPU.

UNIDAD PROCESADORA DE LINEA SINCRONA

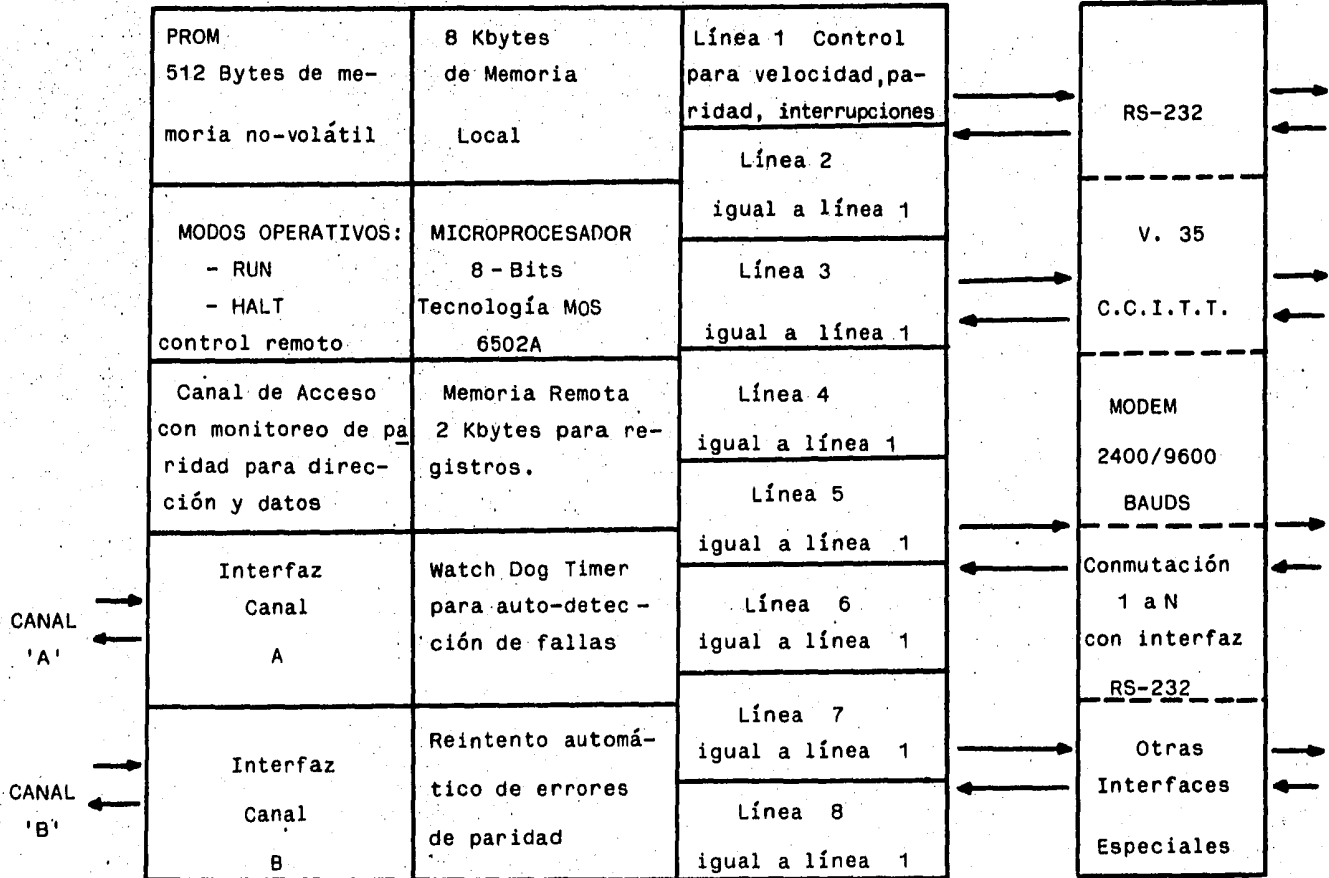


FIGURA 6.8 DIAGRAMA DE UNA SLPu 8 - LINEAS.

UNIDAD PROCESADORA DE LINEA ASINCRONA

INTERFAZ

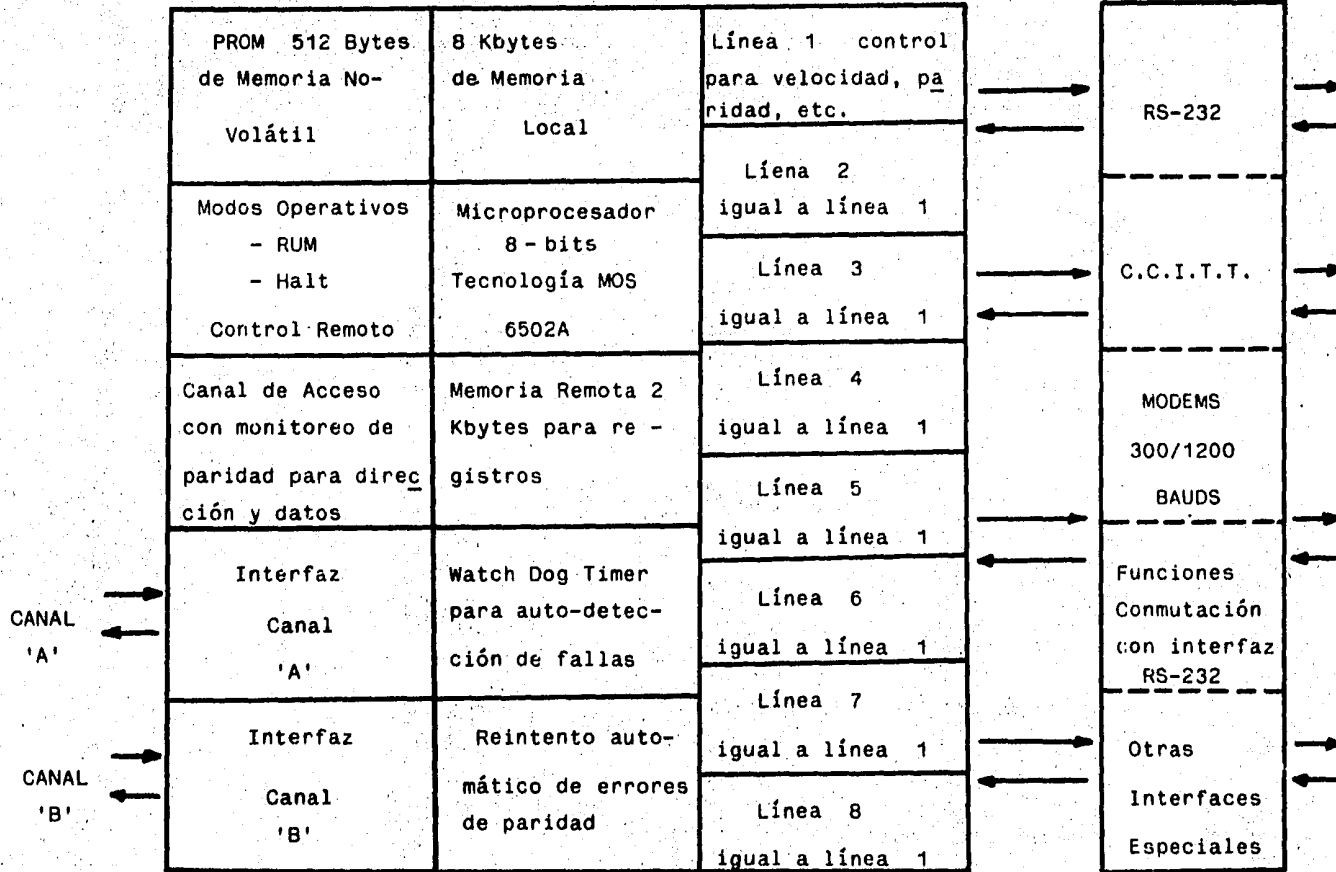


FIGURA 6.9 DIAGRAMA DE UNA ALPU 8-LINEAS

Cada una de las 8 líneas asíncronas en la APLU proporcionan una medida de conversión entre los datos en paralelo (8 bits) del microprocesador y los datos en serie la cual incluye bit de arranque, datos, bit de paridad y bit(s) de parada. Esta conversión serie/paralelo y viceversa, es proporcionado por dos registros de transferencia, uno para la transmisión y el otro para la recepción.

Esta unidad esta provista, al igual que la SLPU, de una interfaz TTL, la cual realiza la conversión serie/paralelo.

La Unidad Procesadora de Línea Asíncrona (ALPU-4 Líneas)

Es funcionalmente idéntica a la ALPU 8 líneas. La única diferencia radica en la capacidad de líneas de comunicación, en este caso soporta 4 líneas asíncronas.

TARJETAS DE INTERFAZ DE 4 Y 8 LINEAS DE COMUNICACION

Las tarjetas de interfaz de 4 y 8 líneas sirven como convertidoras de nivel. Las LPU's proporcionan entradas a niveles estándar TTL, las cuales son convertidas a niveles EIA-RS232. Las señales que llegan de EIA-RS232 son convertidas a niveles TTL y pasadas a las LPU's.

Las diferencias físicas entre las tarjetas de 4 y 8 líneas son secundarias. La interfaz externa para esta tarjeta es proporcionada vía un conector serie AMP-CHAMP 64 pines. Estas tarjetas son insertadas en la parte posterior del chasis y deben estar posicionadas en la parte correspondiente de la LPU asociada.

Las tarjetas de interfaz se clasifican en dos tipos:

- Tarjetas de conmutación EIA de 4 y 8 líneas.

Las tarjetas EIA de 4 y 8 líneas realizan conversiones de nivel y funciones de conmutación. La conversión de nivel es similar a las tarjetas de interfaz EIA-RS232. Las entradas proporcionadas por la LPU son niveles estándar TTL y son convertidas a niveles EIA-RS232. Las señales que llegan a EIA-RS232 son convertidas a niveles TTL y pasadas a las LPU's. La figura 6.10 muestra un diagrama a bloques del funcionamiento de estos módulos. La interfaz CPU tiene como funciones; direccionar una interfaz de conmutación específica

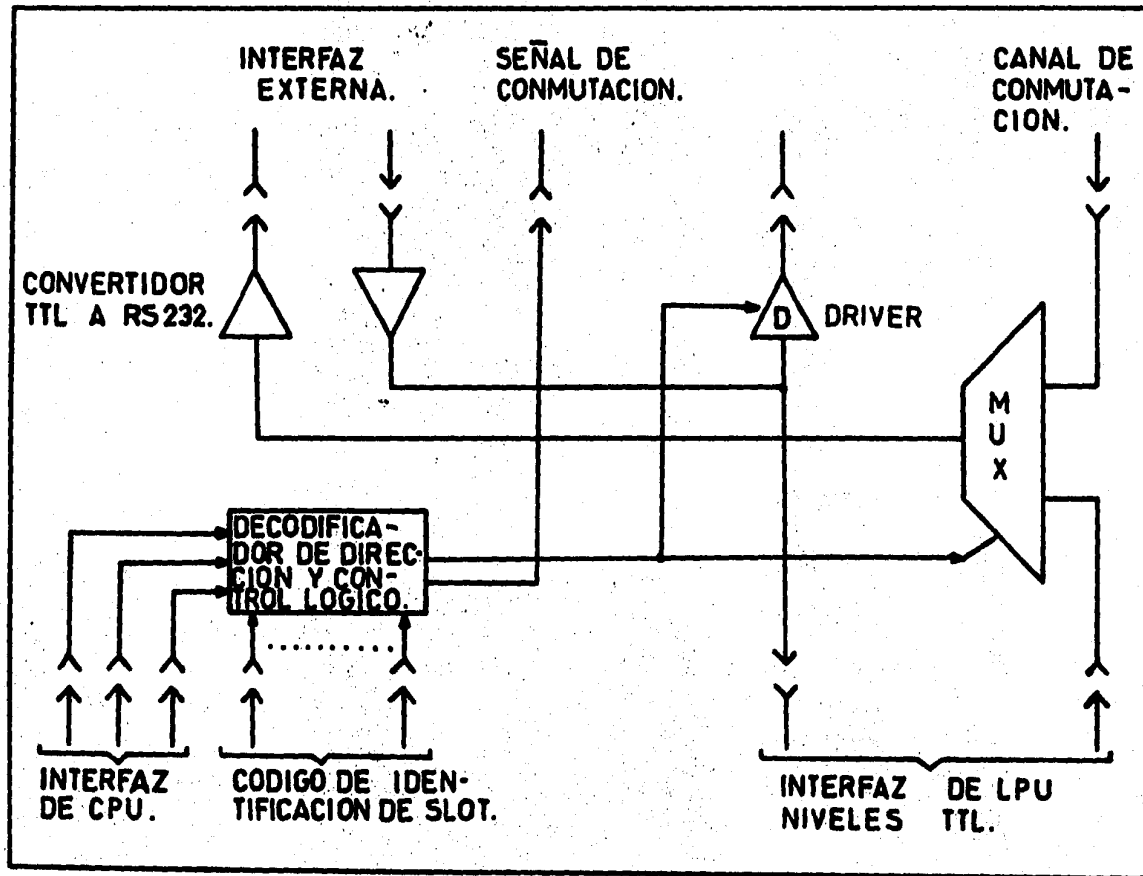


FIGURA 6.10 MODULOS DE LAS TARJETAS DE INTERFAZ

ca, el control del multiplexor y el manejo del controlador (driver). El control lógico selecciona cualquier LPU o cable de datos plano (conectado a la LPU disponible). Simultáneamente, la información que llega es dirigida a la LPU disponible vía el controlador.

Los módulos son insertados en la parte posterior del chasis y deben ser posicionados en la parte inmediata a la derecha de la LPU asociada. El canal de conmutación es proporcionado vía un cable plano de 50 pines. Este cable es conectado en la parte posterior de dichas tarjetas.

- Tarjetas controladas (drivers) de 4 y 8 líneas.

Los módulos controladores proporcionan una pequeña memoria entre la LPU disponible y el canal del cable plano. Estos controladores de canal consisten de circuitos discretos que proporcionan niveles de ruido bajo que son estándar con los niveles TTL.

No hay interfaz externa para estas tarjetas. Estas son insertadas en la parte posterior del chasis con su LPU correspondiente.

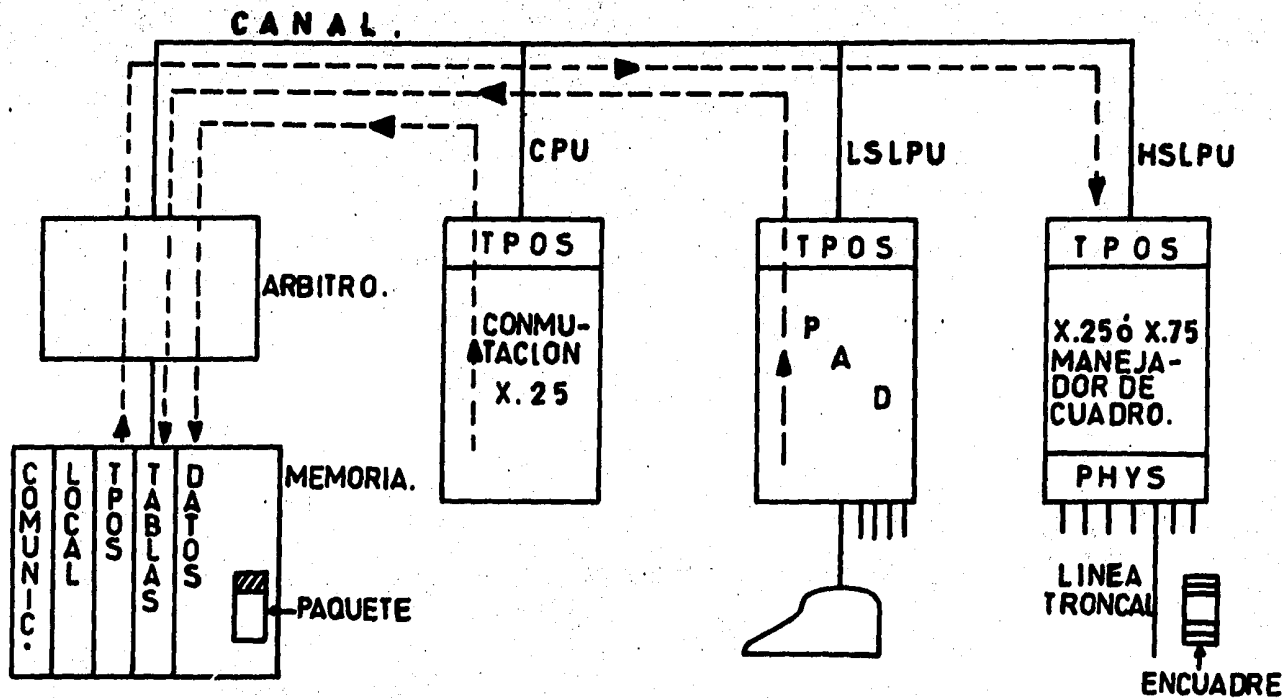
UNIDAD DE FUENTE DE PODER

La unidad de Fuente de Poder (PSU) consiste de una fuente de poder de A.C. a D.C., de una alta eficiencia. Esta fuente consume un máximo de 750 w. Proporciona 4 salidas de voltaje regulado, uno es primario y tres son secundarios.

Primario	+5V	140 A
Secundarios	+12V	15 A
	-12V	5 A
	- 5V	5 A

TRAYECTORIA DE UN CIRCUITO VIRTUAL EN LOS CONMUTADORES DE PAQUETES

En la figura 6.11 se muestra la trayectoria de un circuito virtual en el conmutador de paquetes. Como se puede apreciar, se tiene una terminal conectada en un puerto de una LSLPU, la cual empaqueta los datos que provienen de la terminal por medio del PAD. Los datos ya empaquetados son enviados al árbitro por medio del canal. Este efectúa el control del paquete checando errores de parí



X.25-MANEJADOR DE PAQUETES.
 PHYS-INTERFACE DE NIVEL FÍSICO.
 TPOS-SISTEMA OPERATIVO DEL PROCESADOR.
 PAD-ENSAMBLADOR/DEENSAMBLADOR DE PAQUETES.

6.11 TRAYECTORIA DE UN CIRCUITO VIRTUAL EN UN CONMUTADOR DE PAQUETES.

dad y de direccionamiento, enviándolo a la memoria principal. Entonces la CPU y el árbitro, en conjunto, realizan la conmutación del paquete a la HSLPU menos congestionada por el tráfico de los demás usuarios. En esta HSLPU el paquete es procesado 'encuadrado' aplicándole la recomendación HDLC, para este caso.

El proceso de encuadramiento de los paquetes de datos consiste en añadirles una serie de caracteres de control, bandera de inicio y de parada y chequeo de error, como se describe en el apéndice A que contiene la recomendación HDLC. Este encuadramiento se realiza sin que la información sea alterada.

Basándose en el funcionamiento interno de los procesadores (figura 6.11), a continuación se explica brevemente el establecimiento de un circuito virtual en la RPTD, utilizando 3 nodos de la misma como se ilustra en la figura 6.12:

En esta figura las terminales del nodo A se comunican con las computadoras del nodo C. El nivel físico establece la interfaz eléctrica entre las terminales y el nodo A, así como entre las computadoras y el nodo C. Para cada enlace establecido por el nodo se muestra un registro de cuadro, así como un registro de paquetes para cada una de las líneas que dan servicio a las terminales. Las funciones de conmutación en el nodo seleccionan el nivel que habrá de tomar cada paquete en la ruta hacia su destino. Esta selección se hace con base en las rutas primaria y alternativa disponibles hacia el nodo de destino.

En cada nodo deben conocerse dos datos acerca de cada paquete que se maneja: el número de enlace y el número de canal lógico (NCL). El NCL del paquete de solicitud de llamada es elegido por el nodo de origen al momento de establecerse la llamada. Este número se graba en el registro de paquetes. El nodo elige después el enlace por el que se va a transmitir el paquete. En el siguiente nodo a lo largo del enlace, puede grabarse un nuevo NCL en el paquete, y este se transmite al siguiente enlace hacia el nodo de destino. En cada nodo se graba el NCL y el número de enlace de cada paquete ingresado al nodo en tablas de enrutado (orientación) junto con el NCL y el número de enlace que seleccione el nodo para dar salida al paquete. Después de que el paquete inicial transitó por la Red, todos los paquetes adicionales de la misma llamada se-

guirán la misma ruta que se grabó en las tablas de enrutado hacia cada nodo.

El proceso de transmisión entre nodos es como sigue: la llamada virtual 1 (CV 1) se hizo desde la terminal que aparece en la línea B hacia la computadora anfitriona X.25 y el nodo C. Los datos asíncronos desde la terminal entran al PAD y ahí se ensamblan en paquetes. El registro de paquetes registra la información contable del paquete y lo envía al conmutador para su orientación. En la operación de conmutación se seleccionan el enlace adecuado (1) y el número de canal lógico (33) para dar salida al paquete hacia el siguiente nodo, el conmutador registra la ubicación en la que el CV1 ingresó al nodo (línea B) y el enlace y el NCL seleccionados para dar salida al paquete (1-33). El NCL también se registra en el registro de paquetes. En seguida se envía el paquete al registro de cuadros para su transmisión a través del enlace de la Red hacia el nodo B. El procedimiento se repite en los nodos B y C, y los datos se registran en la tabla de orientación en cada nodo por el que pase el CV 1.

La llamada virtual 2 (CV2) se hizo entre la terminal en la línea A y la computadora anfitriona asíncrona en la línea A del nodo C. La ruta del CV 2 puede apreciarse en las tablas de orientación de los nodos a través de los cuales se hizo la llamada.

CONDICIONES DE OPERACION DE LOS PROCESADORES:

Especificaciones:

Dimensión y peso

- Altura 1.78 m.
- Longitud 0.78 m.
- Ancho 0.59 m.
- Peso 119 kg.

Requerimientos de potencia y consumo:

- 115 VAC \pm 10%
- 47-63 Hz.
- 1000 Watts máximo.

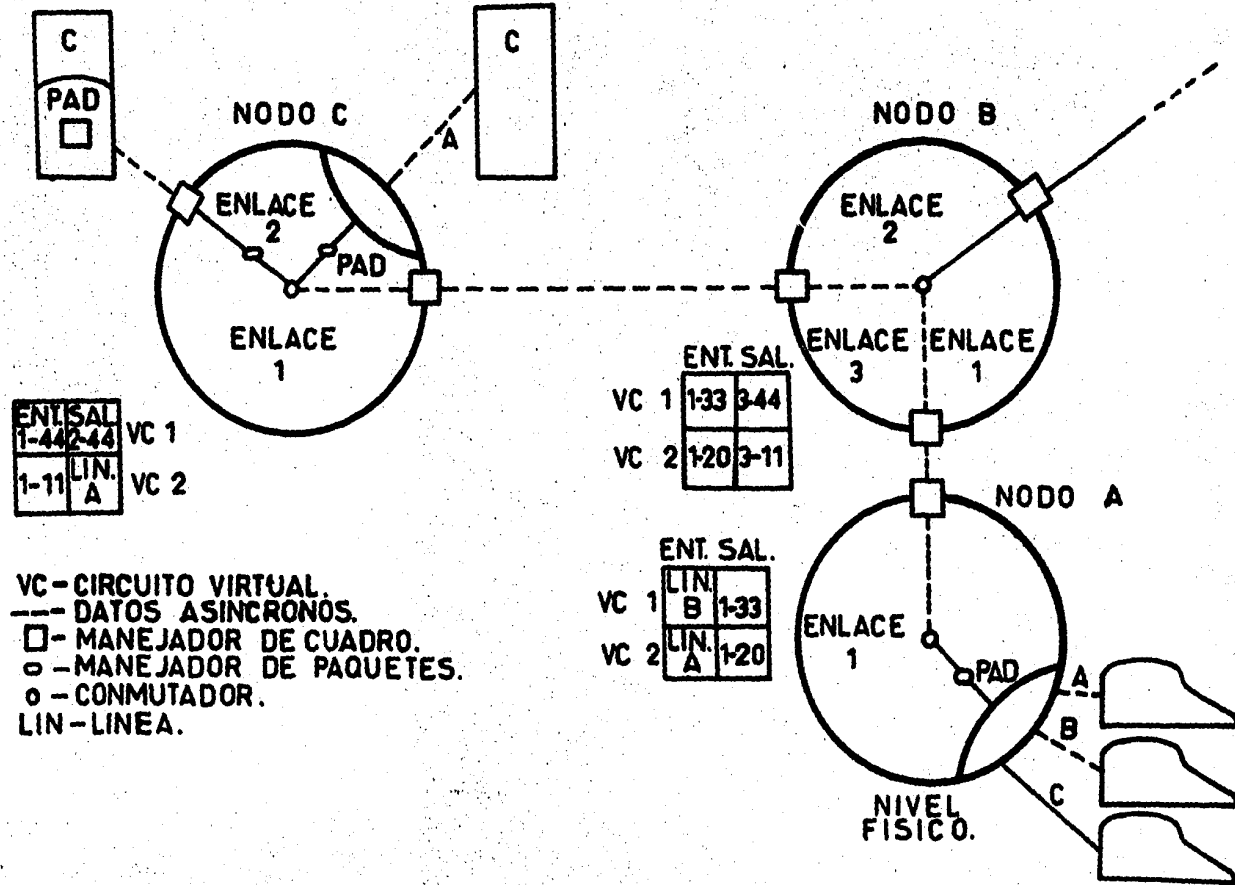


FIGURA 6.12 ESTABLECIMIENTO DE UN CIRCUITO VIRTUAL.

Medio Ambiente:

- Temperatura 0-40° C.
- Humedad relativa 5-95%

CARACTERISTICAS TECNICAS DE OPERACION:

- Acceso a la Red
 - . Número de circuitos de acceso 1 ó más
 - . Velocidad de circuito 2400 a 9600 bps.
 - . Detección de error y retransmisión Sí
 - . Multiplexaje estadístico Sí
 - . Protocolo de acceso a la Red X.25 y X.75
- Computadora Asíncrona /Terminal de Soporte
 - . Velocidades 300 a 1200 bps.
 - . Puertos máximos 280'
 - . Terminal de soporte Sí
 - . Computadora de soporte Sí
 - . Control de flujo (Xon/Xoff) Sí
- Computadora Síncrona/Terminal de Soporte
 - . Velocidades 2400 a 9600 bps.
 - . Máximo de Puertos 144 a 280'
- Protocolos soportados Computadora/Terminal
 - . ARRANQUE- PARADA Sí
 - . X.25 Sí
 - . X.75 Sí
 - . IBM 2780/3780 Sí ''
- Características especiales
 - . Conmutador de Paquetes Sí
- Opciones de redundancia
 - . Redundancia común lógica Sí
 - . Redundancia completa Sí

' Sujeto a reglas de configuraciones para memoria y redundancia.

'' Disponible en configuraciones de Redes Privadas solamente.

CONCLUSIONES:

En un país como el nuestro, en donde se requiere de un tipo de sistema especial para la Transmisión de Datos tales como:

El procesamiento de información a grandes distancias y en forma casi inmediata, requiriéndose que el servicio sea económico y además con una gran confiabilidad en el transporte de la información del usuario, surgió la necesidad de introducir un Sistema con alcances a nivel Nacional e Internacional, para darle solución a éstas necesidades.

El resultado es la ' IMPLANTACION DE LA RED PUBLICA DE TRANSMISION DE DATOS ' que satisface las necesidades expuestas anteriormente, obteniéndose grandes beneficios y además ofrecer las ventajas que se requieren en un país como el nuestro.

Por lo tanto, con la implantación de este sistema se logrará dotar al País de una infraestructura segura, flexible, con una alta confiabilidad, gran disponibilidad y con una extensa capacidad de crecimiento, fomentándose el desarrollo de la Transmisión de Datos y la Descentralización de los más diversos Sistemas Computacionales existentes en el país.

APENDICE * A *

Procedimiento de Control de Enlace de Datos de Alto Nivel (HDLC)

En el diseño de Redes de Transmisión de Datos una de las consideraciones básicas es la Transferencia de Información a través del canal de comunicación.

Con este propósito se han desarrollado diferentes formas de comunicación conocidas como Protocolos de Línea que permiten iniciar, mantener y finalizar en forma correcta, ordenada y eficiente la transferencia de información a través del canal de comunicación entre dos puntos.

Existe un protocolo de línea aceptado y normalizado por organismos internacionales tales como el ISO (Organización de Normalización Internacional), ANSI (Instituto de Normas Nacionales Americanas) y el CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía), llamado Procedimiento de Control de Enlace de Datos de Alto Nivel (HDLC).

El protocolo se divide en forma general en las clases y elementos del procedimiento. Las clases del procedimiento son los términos empleados por el protocolo:

- Estaciones
- Comandos
- Respuestas

Estaciones:

Hay estaciones primarias, secundarias y combinadas.

La primaria o maestra es responsable de iniciar, controlar y finalizar el enlace.

La estación secundaria o esclava se concreta a recibir órdenes del primario.

La estación combinada tiene la habilidad de funcionar como

primaria y secundaria al mismo tiempo.

Comandos:

Son los diferentes tipos de tramas transmitidas por la estación primaria hasta la secundaria.

Respuestas:

Son las tramas enviadas por la estación secundaria en respuesta a un comando de la primaria. Una estación combinada puede enviar comandos y respuestas.

Los elementos del procedimiento son los mecanismos de 'ventana' y 'numeración'.

El protocolo se realiza en base al intercambio de mensajes o tramas que contienen toda la información necesaria para la comunicación.

La estructura de estos mensajes consta de 4 campos:

- . Dirección
- . Control
- . Información
- . Chequeo de error

Adicionalmente cada trama queda separada por un caracter de control único llamada Bandera (flag), que se codifica 01111110 y que va al inicio y al final de cada trama.

El protocolo HDLC, identifica solamente a las estaciones secundarias con una dirección; de aquí que la primaria transmite comandos con la dirección de la secundaria a la cual desea enviar el mensaje y la secundaria responde a la primaria con su propia dirección.

Tomando en cuenta la estructura de la trama, la dirección o número de la estación secundaria a la cual es enviada la información se especifica en el campo de la dirección.

El campo de control se reserva para identificar el tipo de trama.

El campo de información contiene tan sólo un paquete y tiene una capacidad de 128 bytes.

El campo de chequeo de error se emplea para tener una comunicación libre de errores y se realiza colocando un patrón de referencia determinado por la información de la trama.

El campo de control puede tener 3 formatos, figura 1.

1. Formato de transferencia de información:

Existe una sola trama de información y es el único que emplea el número de secuencia de envío N(S).

2. Formato de supervisión:

Se emplean para el control de flujo y la recuperación de pérdida de datos debido a las alteraciones sufridas en las tramas de información.

3. Formato no Numerado:

Se emplean para el establecimiento, terminación y reporte del estado del procedimiento.

El tipo de trama es identificado con el bit 1 y 2 del nivel de control de la trama.

	BITS
Trama	1 2
Información	0
Supervisión	1 0
No-Numerado	1 1

El número de secuencia de envío se emplea para el conteo de tramas transmitidas.

El número de secuencia de recepción N (R), se emplea para el conteo de tramas recibidas o también el número de la siguiente trama esperada.

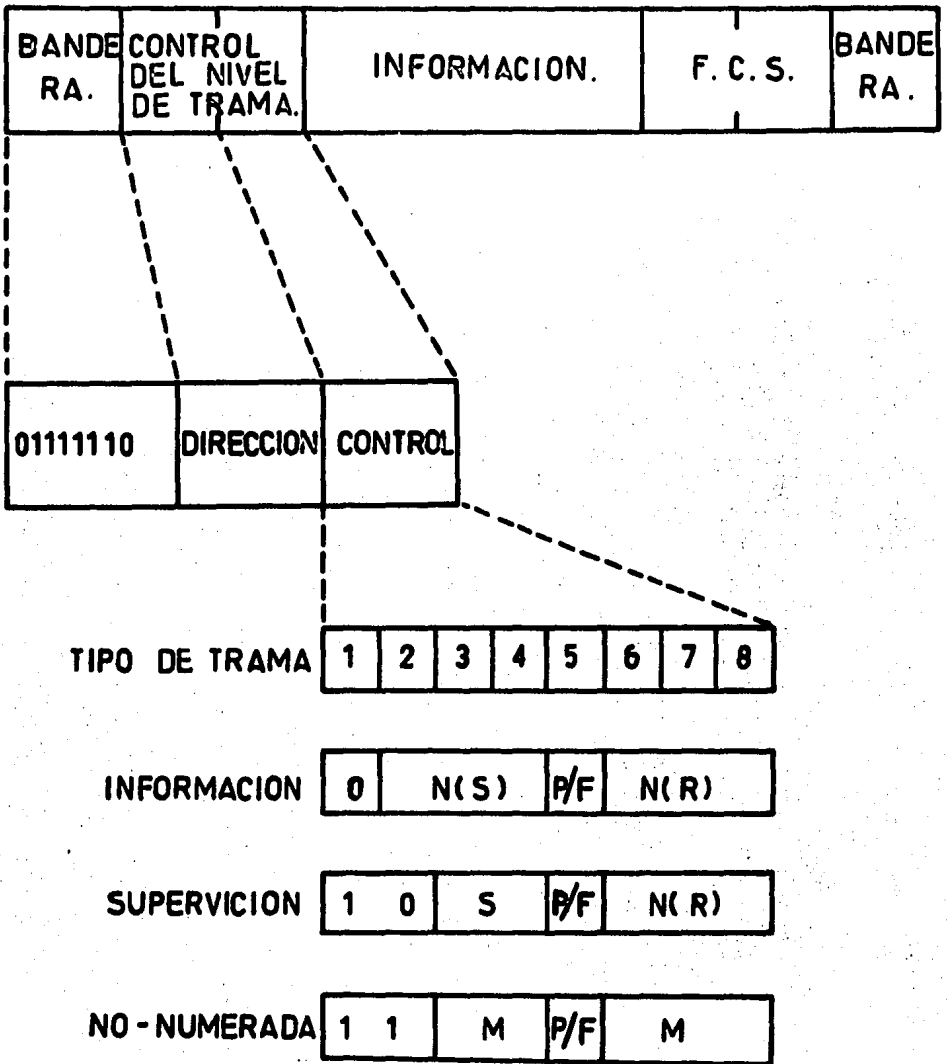


FIGURA 1 TRAMA DE HDLC CODIFICACION DEL CAMPO DE CONTROL

El bit número cinco es el poleo P/F. Se le conoce como tal cuando se emplea en comandos y como bit final cuando se emplea en respuestas. Este es el único bit común a los tres formatos.

El comando S que aparece en la trama supervisora es de 2 bits y permite tener cuatro tipos de tramas. La codificación nos da el nombre de la trama. Además, cada uno de estos contiene N (R), que indica el número de trama de información esperado.

El siguiente campo es el campo modificador M de 5 bits que se utiliza en la trama no-numerada y permite tener hasta 32 tipos de tramas. Al igual que el anterior la codificación nos da el nombre de la trama.

Dentro del protocolo existen ciertos procedimientos que mantienen la secuencia de paquetes y esto se realiza mediante su numeración secuencial por parte del transmisor y su aceptación en secuencia por parte del receptor.

APENDICE * B *

Ensamblador-Desensamblador de Paquetes (PAD)

El CCITT ha aceptado que las Redes requieren incorporar facilidades de manejo de terminales a fin de convertir información entre un caracter y la forma de un paquete. Estas facilidades las proporciona el PAD (Ensamblador/Desensamblador de Paquetes), las cuales son descritas por la recomendación X.3 (Apendice C) del mismo organismo.

El PAD tiene una función similar a la del controlador de Terminales en una Red Privada, como se muestra en la figura 2.

La interacción entre la terminal local y el PAD es cubierta por la recomendación X.28 (Apéndice D), y la interacción entre la terminal remota y el PAD por la recomendación X.29 (Apéndice E).

En la nomenclatura del CCITT se le llama a ésta terminal remota, Equipo Terminal de Datos en Paquete (PDTE), pero se asume que es un Sistema de Cómputo que se está comunicando con el PAD

a través del intercambio de paquetes sobre un circuito virtual, de finido por la recomendación X.25 (Apéndice F) de este Organismo.

El protocolo define las reglas que gobiernan el intercambio ordenado de estos paquetes y el significado de ciertos paquetes de control que permiten al computador anfitrión o al usuario del sistema de cómputo indicarle al PAD la forma en que las terminales de serán ser controladas.

Las terminales que maneja el PAD descrito por la recomendación X.3, son terminales del tipo 'arranque-parada'.

La relativa simplicidad de estas terminales significa que la aplicación de X.28 es bastante directa, ya que tiene que ver con la conexión y desconexión de terminales, códigos de transmisión, métodos de señalización y con las facilidades de control necesarias.

Se puede apreciar que la labor del PAD en una Red Pública es muy similar al controlador de terminales en una Red Privada.

El problema en el diseño del PAD es proporcionar las características suficientes para cubrir las aplicaciones del controlador de terminales usado por la mayoría de los sistemas de computadores.

La carga del control de la terminal ya no es una tarea única del computador anfitrión, lo que sucede en Redes Privadas, sino que ahora es removida; pero el computador anfitrión tiene que establecer un diálogo con el PAD, de acuerdo al protocolo X.29, al inicio de una interacción con una clase particular de terminal; a fin de permitir que las terminales y computadores sean usadas a las Redes Públicas sin ningún cambio significativo. El PAD incorpora un modo transparente por medio del cual las señales se transmiten en forma íntegra a través de él, permitiendo a una terminal y a su computador asociado interactuar como si el PAD no estuviera presente.

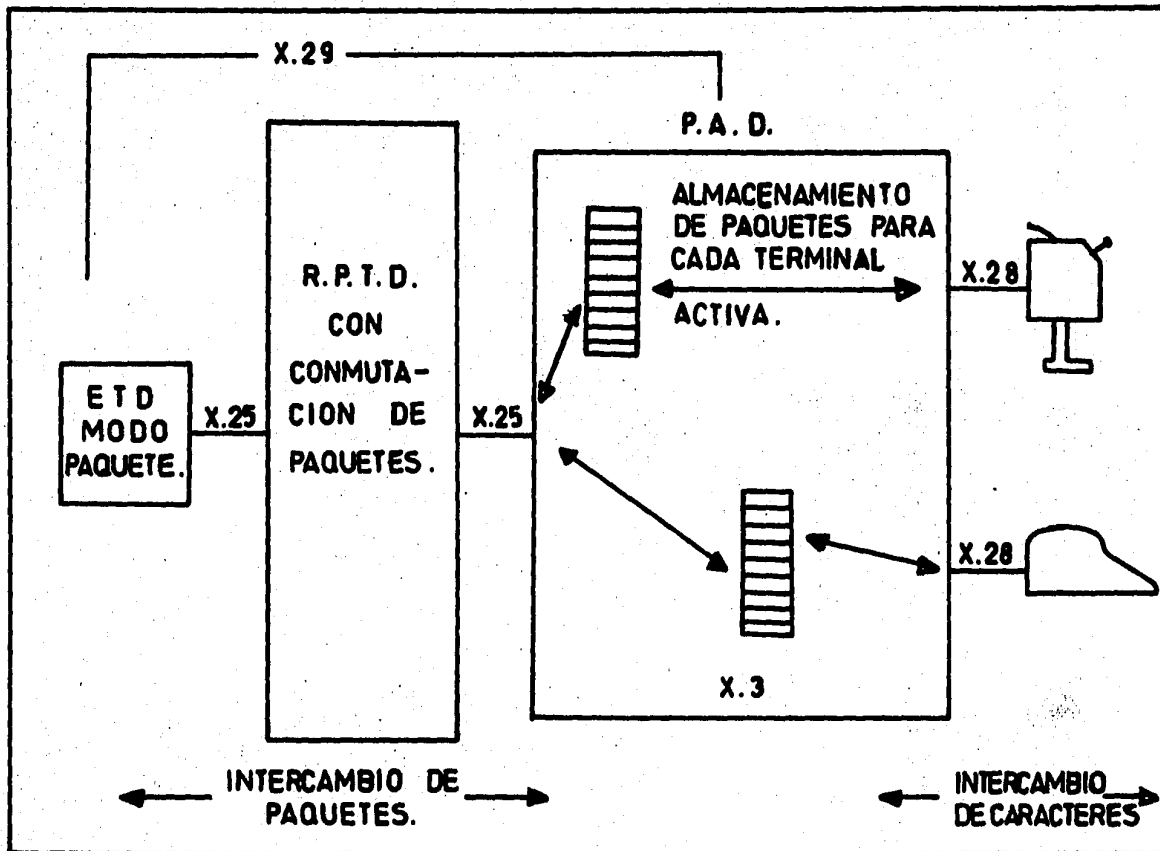


FIGURA 2 ENSAMBLADOR/DEENSAMBLADOR DE PAQUETES (PAD)

Se puede entonces construir sobre este modo transparente del PAD una serie de características extras para descargar al sistema de cómputo de algunas de las tareas que tienen que ver con el soporte de terminales.

APENDICE * C *

Recomendación X.3

La recomendación X.3 describe y define las facilidades que deberán ser proporcionadas por un PAD, si éste va a servir como intermediario entre una terminal llamada ETD de arranque-parada y un ETD en modo de paquete.

El PAD realiza un grupo de funciones conocidas como el modo básico de operación y puede también proporcionar otras posibilidades a petición de los usuarios, las cuales se conocen como funciones de selección de usuario.

X.3 consta de tres secciones:

La primera describe las funciones del PAD.

La segunda da las características de los parámetros que controlan estas funciones, mientras que la tercera proporciona la lista de parámetros con sus posibles valores.

Las funciones que deberán ser proporcionadas por el PAD son las siguientes:

- Ensamble de caracteres de la terminal en paquetes para el PDTE.
- Desensamble de los campos de datos de los paquetes en caracteres para los ETD's de arranque-parada.
- Establecer, interrumpir, reiniciar y terminar llamadas virtuales.
- Generación de señales de servicio para la terminal.
- Envío de paquetes cuando sea apropiado, por ejemplo cuando un registro de almacenamiento esta completo.

- Transmisión de caracteres con elementos de arranque y parada necesarios al ETD en modo caracter.
- Reconocimiento e interpretación de una señal de interrupción de la terminal de arranque-parada.

APENDICE * D *

Recomendación X.28

La recomendación X.28 define la interconexión entre el ETD de arranque-parada en modo caracter y el PAD.

Comprende cuatro funciones que son:

El establecimiento de una conexión, inicialización e intercambio de caracteres, el intercambio de información de control y finalmente el intercambio de datos del usuario.

APENDICE * E *

Recomendación X.29

La recomendación X.29 del CCITT completa el trio de protocolos que describen al PAD, detallando la interacción entre éste y un ETD en modo paquete.

La conexión entre éstos se realiza mediante una Red Pública de Datos con conmutación de paquetes, de tal manera que la interconexión entre cada uno de éstos y la red intermedia, conforman la recomendación X.25.

La recomendación X.29 describe de esta forma la manera de usar X.25 para mantener un diálogo entre el PAD y un ETD en modo paquete, al igual que X.28, X.29 realiza cuatro funciones.

Las funciones cubren los procedimientos para el intercambio de información de control del PAD y los datos del usuario, la transferencia de datos del usuario, procedimientos para uso de los mensajes del PAD, formatos y la selección detallada de las características de llamadas virtuales y cómo es relacionado X.25 a la forma

en que el PAD representa un ETD en modo de arranque-parada, para el ETD en modo paquete.

El diálogo entre el PAD y el ETD en modo paquete se requiere para establecer y manejar llamadas virtuales, para permitir al ETD en modo paquete leer, establecer y modificar los parámetros del PAD y para controlar el paso de datos del usuario hacia y desde el ETD en modo paquete.

Esto hace que X.29 sea muy interesante, ya que representa la perspectiva del CCITT en una forma para tener que usar X.25; ahora es posible ver como el CCITT por sí mismo ha interpretado X.25 en el soporte de X.29, el cual es efectivamente, un protocolo extremo extremo, entre dos ETD's en modo paquete.

Un resumen de las funciones principales de la recomendación X.29 son las siguientes:

- La facilidad de establecer una llamada virtual entre un ETD en modo paquete hacia un ETD en modo caracter.
- El uso de la facilidad de un circuito virtual permanente.
- Interacción entre ETD's en modo no paquete empleado un servicio de transmisión de datos con conmutación de paquetes.
- Operación de ETD's en modo paquete en vez de modo arranque parada (start-stop).

APENDICE * F *

Protocolo X.25

Define un protocolo para conectar un ETD y un ETCD (Equipo Terminal de Circuitos de Datos), en el modo paquete. Este requiere ser programado en ambos extremos y está basado en tres niveles de protocolo:

1 Nivel Físico

El nivel físico se identifica al ETD como una computadora o terminal y el ETCD como el primer equipo que se conecta al ETD, en

este caso es un modem.

En forma general se emplea un circuito punto a punto de 4 hilos con transmisión síncrona en ambos sentidos al mismo tiempo (full-duplex); aunque no se especifican las velocidades de línea en forma práctica se emplean velocidades de 2.4, 4.8, y 9.6 bps., y la interfaz de conexión es prácticamente igual a la descrita en la recomendación V.24.

2 Nivel de Enlace

El nivel de enlace es el responsable de la transferencia de información libre de error entre el ETD y la Red.

La estructura de la trama o encuadramiento se basa en el protocolo de línea HDLC.

Las funciones del nivel de enlace son:

- Transferir datos a través del enlace eficientemente.
- Sincronizar el enlace
- Detección y corrección de errores

Para este nivel X.25 define dos tipos de procedimientos que son: LAP (Procedimiento de Acceso de Enlace), y LAPB (Procedimiento de Acceso de Enlace Balanceado).

Si se emplea LAP, el ETD y ETCD están formados por dos estaciones que son la primaria y la secundaria. Para los procedimientos de establecimiento, desconexión y reinicio del enlace se requiere que las dos estaciones primarias envíen los comandos respectivos a las secundarias y que estas respondan a dichos comandos.

En LAPB se tiene una sola estación en el ETD y el ETCD llamada combinada, que tiene las funciones del primario y secundario a la vez, esto permite que los procedimientos de enlace sean realizados en ambas direcciones con un solo comando.

Este nivel se realiza en base al intercambio de tramas.

Existen tres clases diferentes de tramas, mostradas en la figu

ra 1.

3 Nivel de Paquete

El nivel de paquete es el encargado de la transferencia de paquetes entre el ETD y el ETCD.

Cada paquete a ser transferido estará contenido dentro del campo de información de las tramas del nivel de enlace y solamente un paquete podrá estar contenido en dicho campo.

A cada circuito virtual se le asigna un número de grupo de canal lógico y un número de canal lógico durante la fase de establecimiento de la llamada y es función tanto del ETD como del ETCD de determinado, ver figura 3.

Las funciones del nivel de paquete son:

- Establecimiento y liberación del circuito virtual.
- Transferencia de información
- Control de flujo
- Control de errores

Con el fin de realizar los procedimientos para el control de flujo, se emplean dos clases de paquetes: Paquete listo para ser recibido, y Paquete no listo para ser recibido. Estos procedimientos proporcionan al ETD y al ETCD un mecanismo para controlar la relación entre los paquetes que son transportados en un circuito virtual.

Existe otro paquete que es de rechazo el cual es empleado por el ETD para solicitar la retransmisión de uno o varios paquetes. Este paquete utiliza el número de secuencia de recepción para indicar a partir de que paquete se debe iniciar la retransmisión. La figura 4 muestra el formato general de los paquetes empleados en el nivel 3.

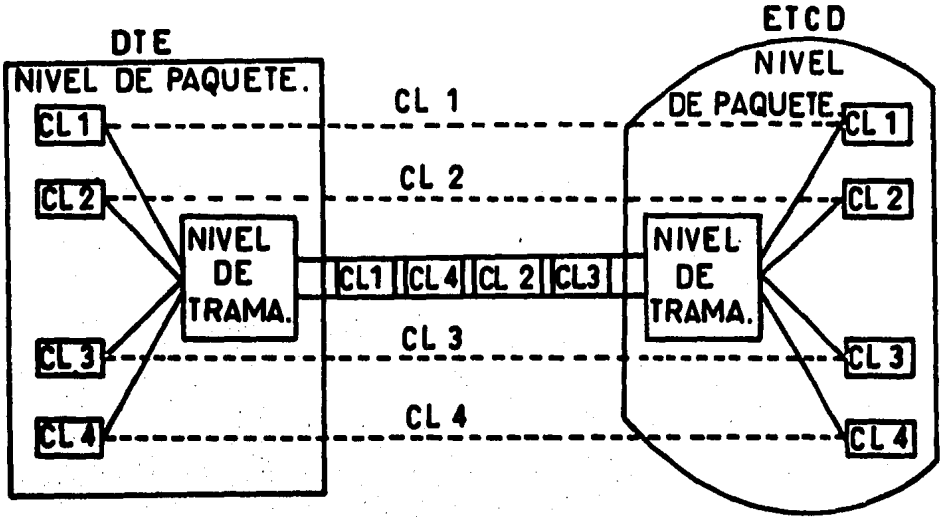


FIGURA 3 CANALES LOGICOS

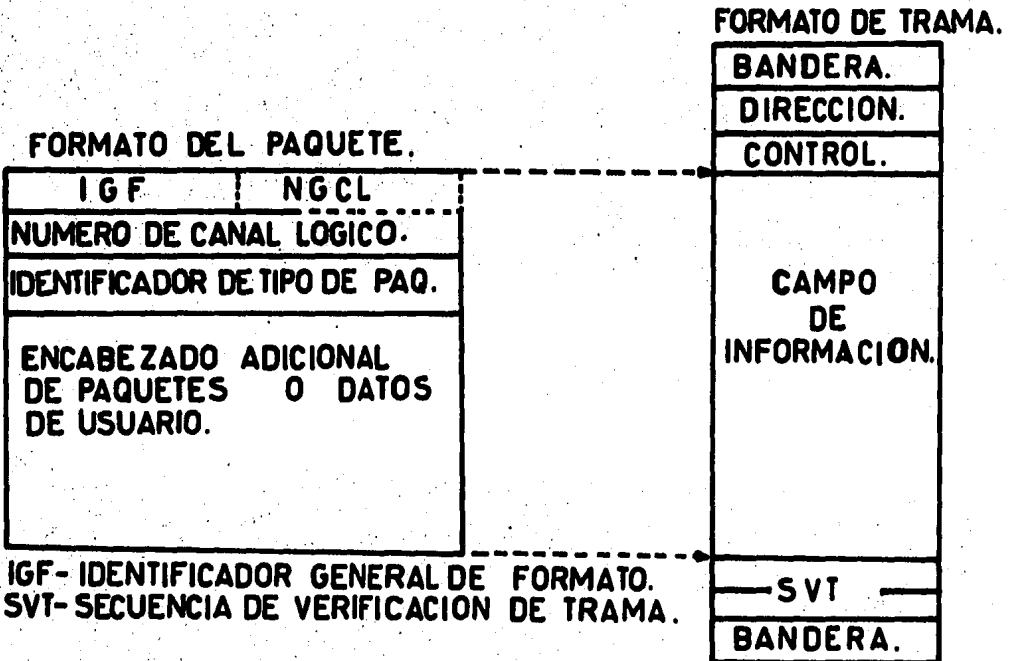


FIGURA 4 FORMATO GENERAL DE LOS PAQUETES EMPLEADOS EN EL NIVEL 3

IGF-Identificador General de Formato.

Se emplea para definir si el paquete es de datos o de control, es decir, describe el formato general del resto del encabezado.

NGCL Número de Grupo de Canal Lógico.

Se emplea para identificar el NGCL. Aparece en todos los paquetes excepto en los de reinicio (restart).

NCL Número de Canal Lógico.

Se emplea para identificar el número de circuito virtual y se presenta en todos los paquetes excepto en los de reinicio.

IIP Identificador del Tipo de Paquete.

Se emplea para identificar cada paquete ya sea de datos o de control que se envía o recibe.

Otro concepto que es muy importante definir es el llamado Campo de Datos el cual es utilizado para colocar la información del usuario. X.25 define el tamaño de paquete máximo de 128 bytes que es el número máximo de datos de usuario permitidos en cada paquete de datos en la Red. En la figura 5 se muestran los protocolos intimos que utiliza la RPTD.

APENDICE * G *

Protocolo X.75

El protocolo X.75 del CCITT define la forma de interconexión de Redes Públicas de Transmisión de Datos.

Al igual que X.25 el protocolo X.75 consiste de tres niveles:

El nivel físico define las características de la interfaz en cuanto a la señalización y circuitería física se refiere.

El nivel de trama es el mismo de X.25, solamente que se emplea numeración extendida permitiendo así el uso más eficiente circuitos de satélite.

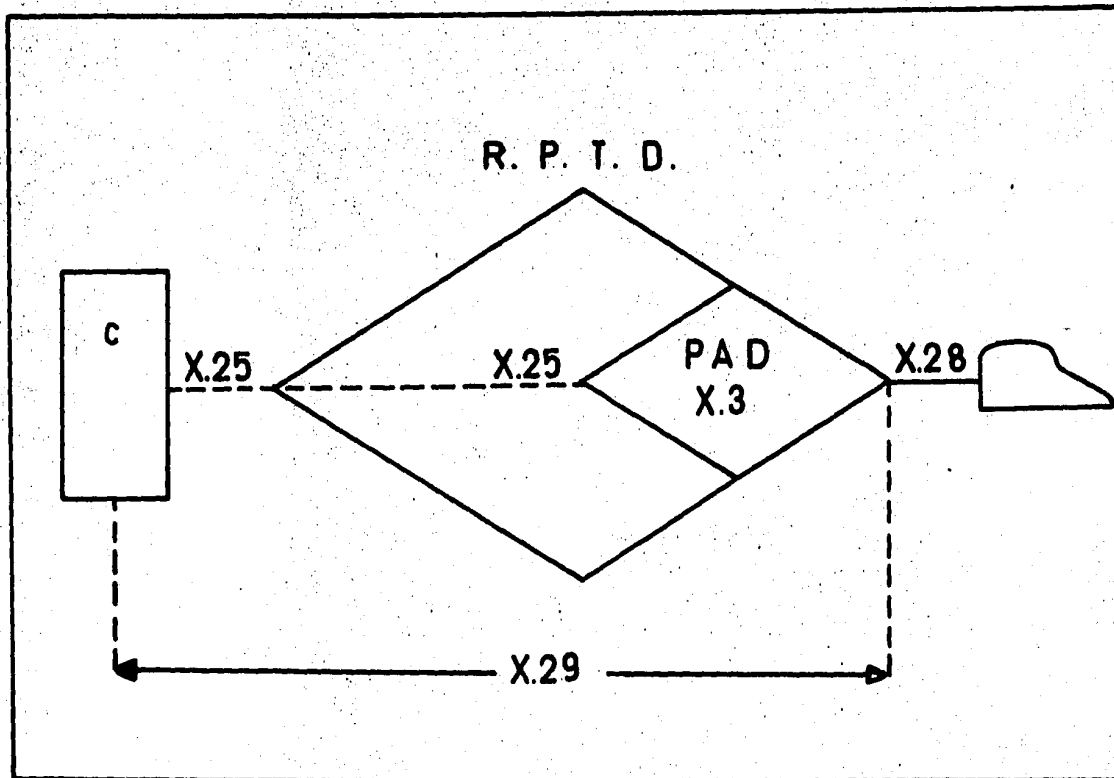


FIGURA 5 PROTOCOLOS INTERNOS DE LA RPTD

El nivel de paquete es muy parecido también al de X.25, pero se caracteriza básicamente en que los paquetes de establecimiento de la llamada contienen un campo adicional y las causas de liberación/reinicio se transmiten en forma transparente por la Red; además de que se tiene un intercambio de información especial de Red a Red; tal como información de enrutamiento, información de contabilidad, etc.

El campo adicional permite la señalización de la identificación de la Red de Tránsito, identificación de la llamada, negociación del parámetro de control de flujo, etc.

Como resultado de la normalización de X.75 las Redes pueden conectarse directamente, siempre y cuando se mantenga la semántica del protocolo X.25; esto es, el significado y formato de los paquetes para la interconexión.

En las figuras 6 y 7 se ilustra la conexión básica para la interconexión de Redes propuestas por el CCITT.

Como se mencionó anteriormente, los paquetes de establecimiento y liberación de llamada se transmiten en forma transparente por el nodo de compuerta X.75 al siguiente nodo de compuerta de destino. Para esto es necesario mantener la secuencia de paquetes que pertenecen a un circuito virtual X.25, a medida que pasan a través del nodo de compuerta y entran a la siguiente Red.

De esta manera un circuito virtual esta hecho entre el computador anfitrión de origen y la compuerta intermedia, y entre compuertas.

El nodo de compuerta X.75 no genera espontáneamente algunos paquetes de 'aceptación de llamada' como respuesta a paquetes de 'solicitud de llamada', pero sí participa en el secuenciamiento y control de flujo de paquetes en cada circuito virtual que se ha establecido.

La trayectoria interna se identifica en base a un paquete con número de canal lógico determinado y los nodos de tránsito, a lo largo de la trayectoria, envían paquetes con una sola modificación al número de canal lógico (en el encabezado del paquete), para el

siguiente enlace. Las características de X.75 y el conocimiento de cada paquete atraviesa la misma ruta, garantizando que los paquetes se mantengan en secuencia, y que no se pierdan ni se dupliquen.

El encabezado del nivel de paquetes de X.75 consta de 3 bytes y contiene la identificación del nodo de destino, la dirección de la llamada y números de secuencia.

El encabezado reducido permite una utilización mejor de la línea (en términos de paquetes), dando como resultado costos más bajos por paquetes. El aumento de eficiencia se aprecia más cuando los paquetes son pequeños; esta clase de paquetes refleja al tráfico de terminal interactiva a un computador anfitrión, el cual predomina en la mayoría de Redes Públicas.

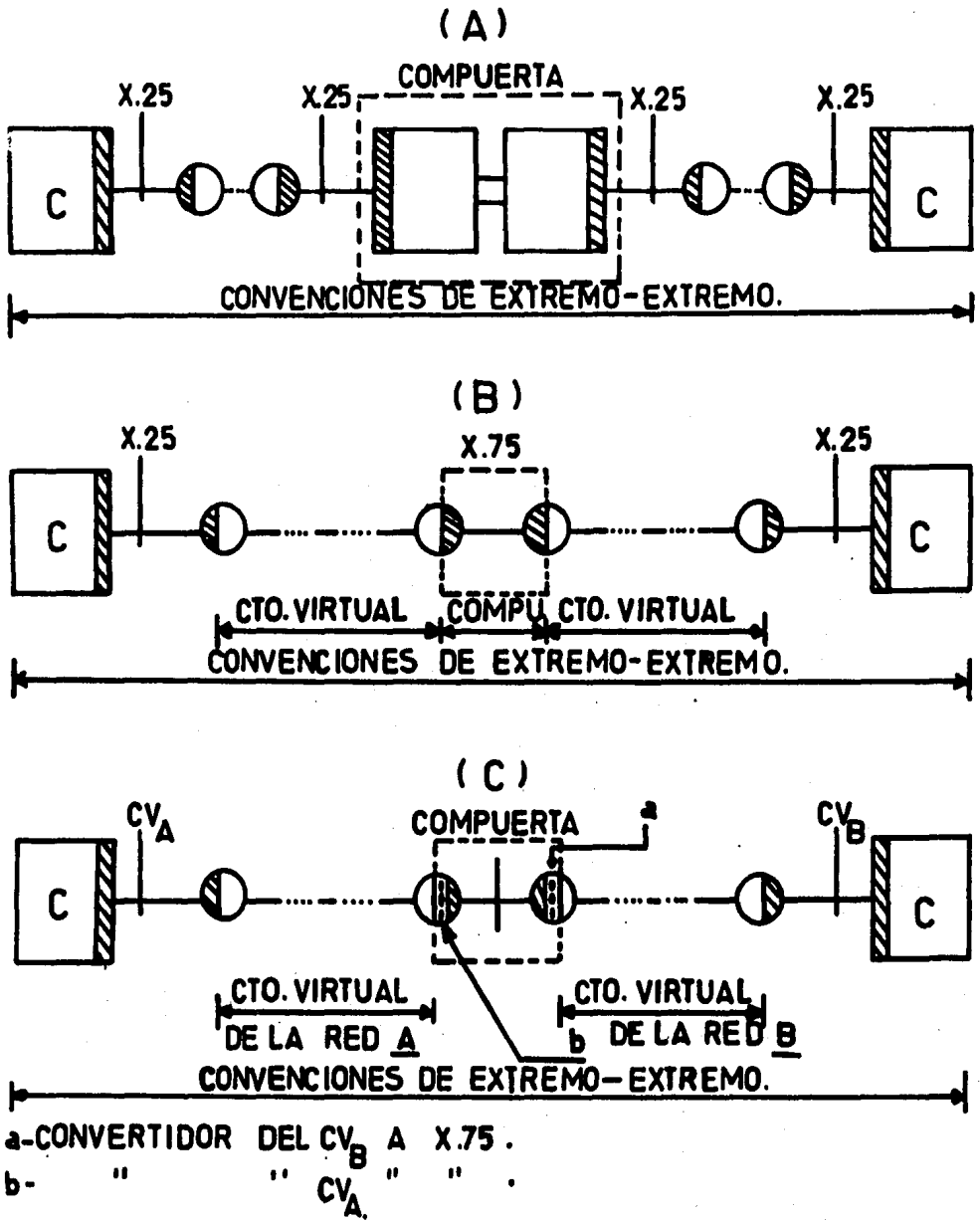


FIGURA 6 ESTRATEGIA DE INTERCONEXION DE REDES CON CIRCUITOS VIRTUALES

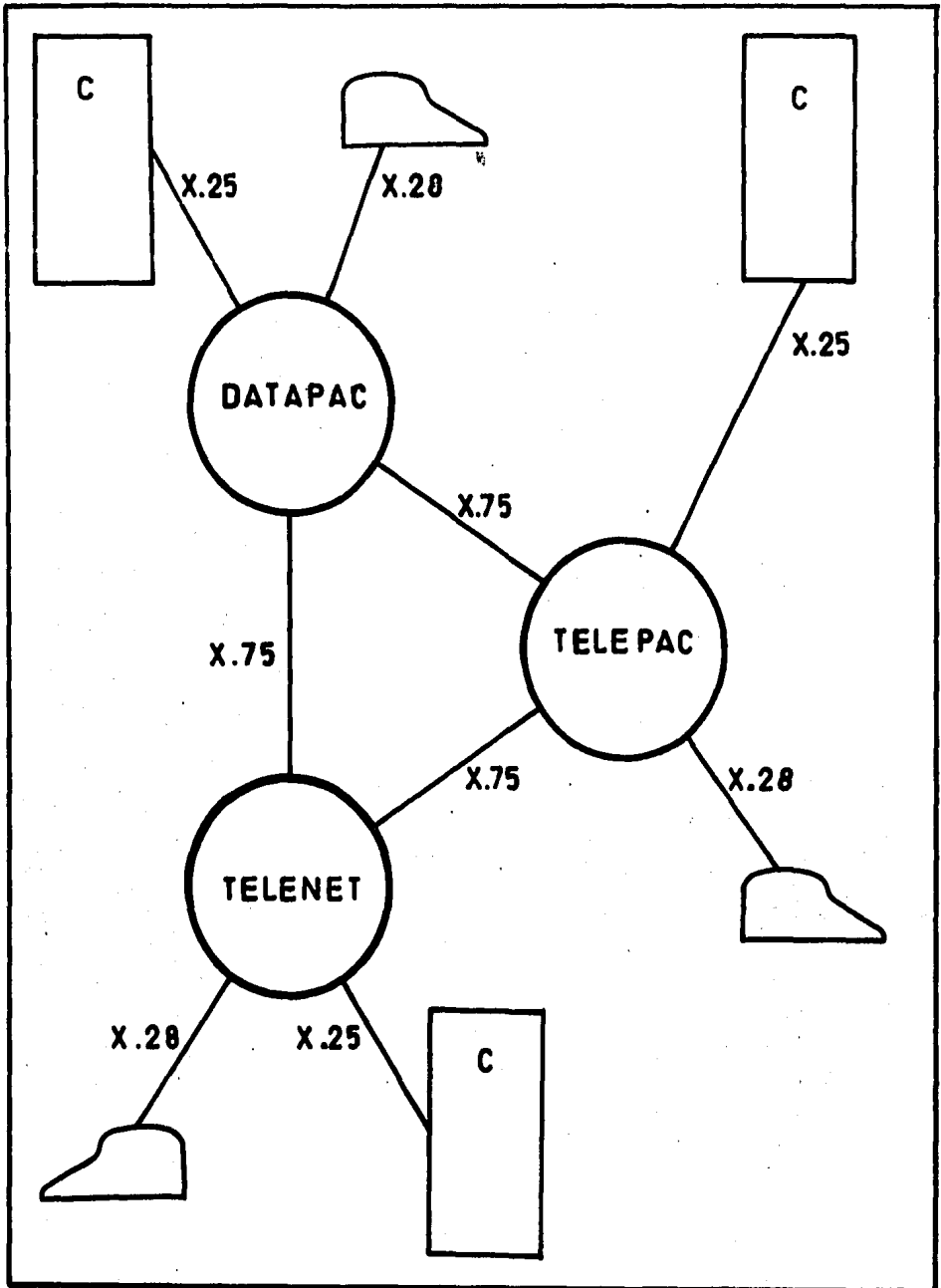


FIGURA 7 INTERCONEXION DE REDES

B I B L I O G R A F I A

- CONMUTACION SYSTEMS
A. BRUCE CARLSON
MC-GRAW-HILL.
- INFORMATION TRANSMISSION, MODULATION, AND NOISE
MISCHA SCHWARTZ.
MC-GRAW-HILL.
- INTRODUCCION A LA IELEINFORMATICA.
ALBERTO OLIVA, CORNELIO ROBLEDO, FAUSTINO VALLE.
EDITORIAL TRILLAS.
- REVISTA TELEDATO
NUMEROS : 16, 17, 19, 20, 23 y 24.
EDITADA POR LA DIRECCION GENERAL DE TELECOMUNICACIONES.
- MANUAL DE OPERACION Y SERVICIO
MODEM SISCO 3-12.
- LA RED PUBLICA DE TRANSMISION DE DATOS PARA MEXICO.
PREMIO ANUAL DE TELECOMUNICACIONES INDETEL.
ING. MIGUEL E. SANCHEZ RUIZ, DR. EDUARDO CASTAÑON,
ING. ROBERTO EK CUEVAS Y M.C. RAYMUNDO SEGOVIA.
- PACKET SWITCHING THEORY.
GTE TELENET COMMUNICATIONS CORP. 1980.
- COMPUTER NETWORKS AND THEIR PROTOCOLS.
D. M. DAVIES AND D.L.A. BARBER.
A. WILEY - INTERSCIENCE PUBLICATION.
- HARDWARE TP-4000.
GTE TELENET COMMUNICATIONS CO. FEBRERO 1980

- FUNCTIONAL DESCRIPTION
GTE TELENET COMMUNICATIONS CO. FEBRERO 1980.

- SOFTWARE AND HARDWARE INTERRELATIONSHPS.
GTE TELENET COMMUNICATIONS CO. SEPTIEMBRE 1981.

- APUNTES DE TELEFONIA
I C E .

- LINEAS DE TRANSMISION
AGENCIA FEDERAL DE AVIACION DE LOS ESTADOS UNIDOS
DE AMERICA.