

69



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

TELEFONIA DIGITAL Y RDSI
"PRINCIPIOS DEL FUNCIONAMIENTO DE X.25"

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
VICTOR HUGO MONDRAGON FABIAN

ASESOR: ING. VICENTE MAGAÑA GONZÁLEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



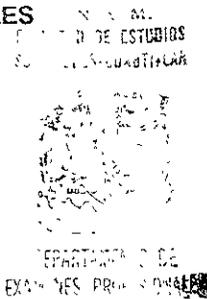
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Telefonía Digital y RDSI.

"Principios del Funcionamiento de X.25"

que presenta el pasante Víctor Hugo Mondragón Fabián
 con número de cuenta 9004220-5 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
 Cuautitlán Izcalli, Méx a 3 de Mayo de 2001

MODULO	PROFESOR	FIRMA
I y II	Ing. José Luis Rivera Lopez	
III	Ing. Pleno de la Peña Valencia	
IV	Ing. ...	

AGRADECIMIENTOS.

Gracias a Dios por haberme dado salud y paciencia

A mis padres:

Raúl Mondragón y Aurora Fabían
Gracias por su apoyo y cariño.

A mis hermanos
y primos

Sergio, Raúl, Jorge, Juan, Osbaldo, Ricardo,
Luis, Claudia, Patricia.
Que siempre me alentaron y apoyaron.

A mis grandes
amigos:

Walfred Aldana, Saúl Galván.

A mis compañeros de seminario; Araceli, Sergio, Saúl, Roger. Y a todos mis amigos de la generación, que me brindaron su amistad.

A todas las personas que me alentaron y creyeron en mí.
A la Universidad Nacional Autónoma de México

Les doy las gracias de todo corazón.

PRÓLOGO.

Las redes de paquetes surgen a principios de la década de los 70 debido a la necesidad existente de estandarización de un medio único de transmisión, válido para todos los países; desde entonces han sido utilizadas para la constitución de redes de datos públicas con cobertura nacional o privadas, dentro de la propia entidad corporativa.

Cabe hacer notar que la norma X.25 fue adoptada por el CCITT en marzo de 1976. Durante el periodo de estudio de 1976 – 1980, se continuó trabajando sobre la recomendación X.25, concentrándose en áreas que redundaron en diferentes implementaciones de las redes.

En los dos primeros capítulos, se explican las características principales de X.25, al igual que sus razones primarias para poder emplear este estándar, haciendo notar que son en forma global y por lo tanto el enfoque que se le da podría decirse que es una introducción más amplia para poder diferenciar a X.25 de las demás redes públicas. Estas características serán detalladas en capítulos posteriores.

Relacionando X.25 con el modelo OSI, abarca en su parte principal las tres primeras capas, (que están detalladas en el capítulo 3), explicando su función, los comandos que utilizan para la corrección de errores y cada una de las respuestas que manda de acuerdo a la secuencia en la cual se encuentre, mencionando también, las medidas que toma cuando el sistema está saturado o existe algún problema mayor que obligue a tomar decisiones de reinicio, para hacerlo funcional y eficiente

Veremos el, ¿cómo? Y ¿porqué? Se utiliza un PAD para la conexión de varios usuarios que quieran incorporarse al sistema X 25, sin que estén en modo sincrónico Para poder utilizar este PAD, utilizaremos las recomendaciones X 3.

Prólogo.

X.28 y X.29, cada una la función específica y los parámetros necesarios para poder hacer la conexión eficiente. Esta información , será la suficiente para poder entender clara y a grandes rasgos la importancia de X.25 en otros sistemas con características semejantes.

En el futuro veremos más y más implementaciones de Redes Publicas de Datos. Ya en el momento, la gran mayoría de éstas usará la tecnología de conmutación de paquetes. El uso del estándar X.75 en nodos de pasaje, esta facilitando la interconexión de las distintas implementaciones, en el presente trabajo se menciona de una manera superficial, con el único fin de informar en que parte de la secuencia de comunicación entra al así como sus características principales y los requerimientos que este necesita.

La emisión de estándares para las capas superiores al nivel 3 de X.25 y otras más que se incorporan en un intento por permitir que aplicaciones de niveles más altos se comuniquen a través de cualquier PDN, incluyendo redes de circuitos conmutados, privadas discadas, sin tener en cuenta las particularidades de las redes usadas en la conexión de dos o más DTE's. Las aplicaciones nuevas a redes de datos, tales como el correo electrónico y facsímil digital, interconexiones para equipos de procesamiento de palabras y varios tipos de terminales sincrónicas, contribuyen a proveer un servicio total de comunicaciones al usuario.

Por ultimo, de lograrse tener redes públicas compatibles y cubrir todo el "globo terráqueo", podríamos mandar y recibir información desde cualquier punto de la tierra, a otro o desde otro, en muy poco tiempo y sin ningún problema.

Principios del Funcionamiento de X.25

INDICE.

	PAGINA.
PRÓLOGO	i
Capítulo 1	
INTRODUCCION.	1
1.ARQUITECTURA DE X.25	3
1.1. Razones para la utilización de X.25	4
1.1.1 Limitaciones.	4
Capítulo 2	
2. NIVELES DE X.25.	8
2.1. Nivel 1. Físico	8
2.2. Nivel 2. Enlace de datos.	10
2.3. Nivel 3. Red.	16
2.3.1. LCN	19
2.3.2. El bit D.	20
2.3.3. El bit M.	20
2.3.4 Paquetes A y B	21
2.3.5. El bit Q	22
2.3.6. El bit A.	22
2.4. Capa de red en redes públicas	22
2.5. Control de flujo y ventanas.	37
Capítulo 3	
3. PAD	39
3.1. Propósitos del PAD	39
3.2. PAD: Formato de paquetes y flujo de paquetes.	41
3.3. Parámetros disponibles para establecer y suprimir conexiones ..	42
Capítulo 4	
4. UTILIDADES X.25	46
4.1 Notificación de la utilidad en línea	46
4.2 Numeración de paquetes extendida	46

4.3. Modificación del bit D.	46
4.4. Retransmisión de paquetes.	47
4.5. Obstrucción de las llamadas entrantes. Obstrucción de llamadas salientes.	47
4.6. Canal lógico unidireccional entrante. Canal lógico unidireccional saliente.	47
4.7. Tamaño por defecto no estándar de paquetes.	47
4.8. Tamaños por defecto no estándar de ventanas.	48
4.9. Asignación de clases de velocidad de transmisión por defecto.....	48
4.10. Negociación de parámetros de control de flujo.	48
4.11. Negociación de la clase de velocidad de transmisión.	48
4.12. Grupos cerrados de usuarios (CUG).	48
Conclusiones.	49
Anexo 1.	51
Anexo 2.	61
Bibliografía	66

1

*RAZONES PARA LA UTILIZACION
DE X.25*

INTRODUCCIÓN.

Básicamente, una red de conmutación de paquetes está constituida por una serie de nodos de conmutación, cada uno de los cuales dispone de un determinado número de líneas de entrada / salida, y es capaz de procesar los mensajes que recibe, en forma de paquetes, y encaminarlos adecuadamente al destino especificado dentro del campo de direccionamiento, pudiendo estar éste en el mismo nodo o en otro cualquiera de la red. Los nodos se encuentran interconectados entre sí, y la topología de la red será función de los requerimientos de los usuarios de la misma, aunque de manera general adoptará una de tipo mallada que garantice la existencia de rutas alternativas, e previsión de la caída de alguno de los enlaces

X.25 es una norma adoptada por el CCITT en el año de 1976. Las redes que se basan en estas redes se conocen como "Redes de Conmutación de Paquetes". Básicamente proporcionan servicios de transmisión de datos entre dispositivos (terminales, ordenadores, etc...) capaces de recibir y / o generar información de forma transparente para el usuario. Incorporando una serie de facilidades, básicas u opcionales, que pueden resultar muy interesantes para ciertos usuarios, dependiendo de sus aplicaciones.

La forma de realizar esta transmisión es agrupando los datos en paquetes, de determinada longitud, que contienen la información generada por el usuario así como los datos de control necesarios para identificar el origen y destinatario de la información, junto con otros parámetros necesarios para garantizar la integridad de la misma

Los diferentes equipos informáticos se comunican con la red siguiendo los protocolos y procedimientos especificados en la norma X.25, actualmente soportada por la mayor parte de los sistemas, en caso contrario necesitarán un adaptador "PAD" que transforme el protocolo original en el soportado por la red

El CCITT definió también la norma X.75 para la interconexión entre diferentes redes públicas de conmutación de paquetes. Esta misma normativa es la comúnmente utilizada para la conexión de redes privadas o públicas, y así poder disponer de la amplia variedad de servicios telemáticos y de valor añadido ofrecidos por éstas

Sus aplicaciones más comunes son aquellas que se encuadran dentro del ámbito del teleproceso, para el establecimiento de comunicaciones en tiempo real de forma interactiva y para cualquier servicio de acceso a base de datos; ejemplo muy típico de este último es el "Videotex". En definitiva, puede decirse que cualquier aplicación que se necesite de unos medios de transmisión eficaces, flexibles y de gran seguridad, son adecuados para hacer uso de esta tecnología.

Por último, cabe mencionar que aunque se vislumbran ya nuevas redes que van a ofrecer servicios muy importantes, caso de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), las redes de conmutación de paquetes continuarán siendo válidas, y quizá se potenciarán, ya que el CCITT incluye este modo de transporte como uno de los servicios portadores básicos de dicha red.

1. ARQUITECTURA DE X.25.

Hay varias razones para utilizar un estándar como X.25. En primer lugar, la adopción de un estándar común entre los vendedores facilita la tarea de conectar productos de fabricantes diferentes. En segundo lugar, el estándar X.25 ha sufrido numerosas revisiones y ya se encuentra relativamente maduro (ahora se revisa cada cuatro años). X.25 se emplea mucho desde 1980. En consecuencia, los cambios y adaptaciones realizados hasta el documento en 1984 son reflejo de una gran cantidad de experiencia acumulada con las redes de paquetes. En tercer lugar, un estándar tan ampliamente utilizado como X.25 puede hacer disminuir los costos de la red, ya que su gran difusión favorece la salida al mercado de equipos y software orientados a tan amplio sector de usuarios. Cuarto, es muchos más fácil escribir un documento de especificaciones para un determinado fabricante o suministrador diciendo que la red debe ajustarse al estándar X.25 que escribir un documento de especificaciones de 180 páginas. En quinto lugar, el nivel de enlace HDLC/LAPB sólo maneja los errores y lleva la contabilidad del tráfico en un enlace individual entre el ETD/ETCD (y en los enlaces de los nodos de conmutación de paquetes internos a la red) En cambio, X.25 proporciona un mayor nivel de soporte, estableciendo la contabilidad entre cada ETD emisor y su ETCD (nodo de entrada de paquetes a la red). En otras palabras, X.25 proporciona un mayor nivel de soporte a los usuarios finales que HDLC/LAPB. Además, incorpora funcionalidades enriquecidas más avanzadas de las que proporcionan los protocolos de enlace de datos. Sin embargo, el excesivo número de funciones escritas en X.25 están convirtiendo el estándar en algo demasiado grande y complejo para la utilización eficiente.

La red de paquetes y las estaciones de usuario deben tener mecanismos de control cuando desean intercambiar información entre sí. Quizá lo más importante desde el punto de vista de la red sea el control de flujo: la limitación de la cantidad de tráfico procedente de las estaciones de usuario para evitar la congestión de la red. El ETD de usuario también necesita el control de flujo para regular el tráfico

procedente de la red. Tanto el ETD como la red deben tener procedimientos de control de errores para asegurar que el tráfico se recibe correctamente. X.25 proporciona los procedimientos de control de flujo de errores.

Define los procedimientos para el intercambio de datos entre los dispositivos de usuario (ETD) y los nodos de la red de paquetes (ETDC). Formalmente es "Interfaz entre equipos terminales de datos y equipos terminales de circuito de datos para terminales que funcionan en modo paquete sobre redes de datos públicas".

1.1 Razones para la utilización de X.25.

En las redes de paquetes tipo X.25 existen las siguientes limitaciones arquitectónicas:

1.1.1 Limitaciones.

En cada nodo de la red se hace necesario disponer de la totalidad de un paquete para verificar si ha sido recibido de forma correcta, esto es, sin errores, para encaminarlo al nodo siguiente de su ruta. Además, se requiere la ejecución de todos los procesos de control, tanto de errores- si alguna trama presentase errores a su recepción en algún nodo de la red, éste intentaría resolver el problema- como de flujo. En la figura 1.1 se representa la estructura en niveles de un nodo de paquetes X.25 en el marco de referencia OSI. Las redes X.25 han sido concebidas en su origen para trabajar con ETDs a velocidades desde 2,400 ⁻¹²bps hasta 64 kbps. A mayores velocidades se requeriría una capacidad de proceso en los nodos excesiva y poco práctica.

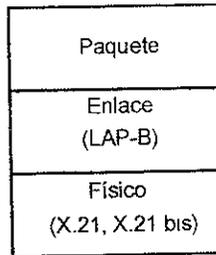


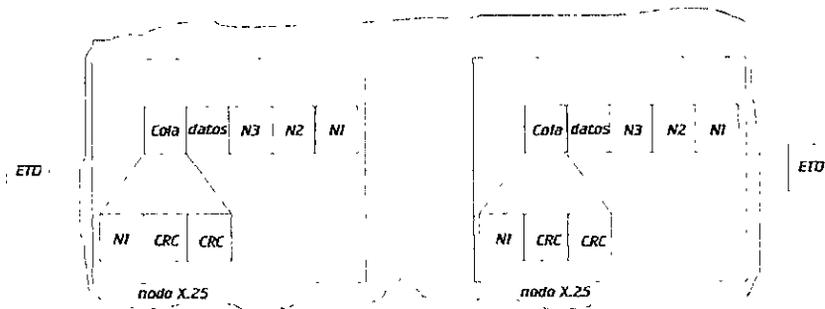
Figura 1.1. Estructura del nodo X.25

Los procesos desarrollados en cada nodo de red son de alta complejidad. Ello se debe a que, cuando surgió la arquitectura X.25, se partía de las siguientes premisas:

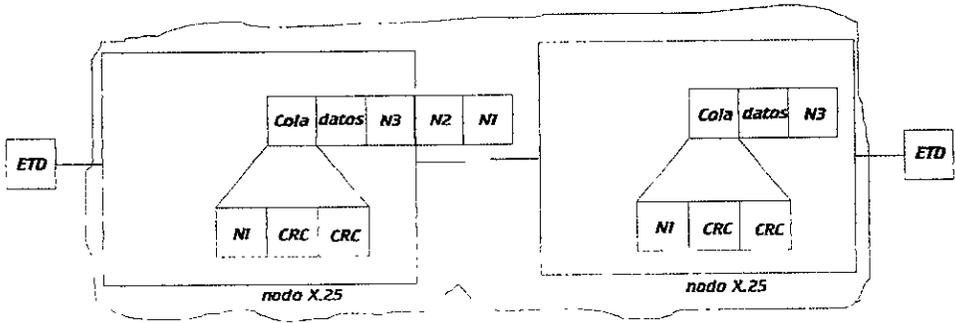
- las redes adolecían de problemas de calidad, y
- los protocolos debían ser fiables, es decir, entregar los paquetes correctamente y en secuencia

Hoy en día ninguna de esas dos suposiciones –realidades en los inicios de la X.25- son ciertas, pues las redes actuales tienen una calidad muy buena (la tasa de error –BER- utilizando las modernas tecnologías ha pasado de 10^{-5} - 10^{-6} en los principios de los 80 a 10^{-12} - 10^{-14} en la actualidad, utilizando medios como la fibra óptica) y los equipos de datos de los usuarios tienen capacidad de proceso suficiente para controlar los eventuales errores que pudieran surgir en la red y poder tomar acciones ante situaciones de congestión de tráfico. En este sentido conviene recordar que otras arquitecturas, de muy amplia difusión, se han diseñado para cumplir estos propósitos. Tal es el caso del protocolo IP utilizado en la red de INTERNET. Este protocolo no es fiable, ya que los paquetes/diagramas pueden ser entregados con errores, fuera de secuencia, o no ser entregados por parte de los nodos de red (si bien la red debe de realizar su mejor esfuerzo, es decir, todas las acciones posibles para que sean entregados correctamente). De tales funciones –garantizar la corrección de los paquetes/diagramas, su llegada en secuencia al ETD y de las fases de establecimiento y liberación de las conexiones- se encarga un nivel superior, a través del protocolo TCP

La figura 1.2 (a) ilustra el funcionamiento de los nodos X.25. Un nodo debe esperar a la recepción correcta de todo el paquete para iniciar los procesos necesarios para encaminarlo a su destino. Éste es el procedimiento clásico de almacenamiento y envío. Por su parte, la figura 1.2 (b) indica cual sería la modificación necesaria de tal funcionamiento para incrementar el rendimiento. En este caso, cada nodo retransmite cualquier trama en el preciso instante de su llegada –al recibir la cabecera y conocer el encaminamiento-. Ahora si que un nodo recibe y envía a la vez. Si al completar la recepción de esas tramas un nodo observase errores, enviaría una señal –una trama indicativa de error- a los nodos siguientes de la ruta para que la desechen en caso de que llegara esta trama de error antes que la trama de datos errónea; o en peor caso, que sea el destinatario quien la reciba. De esta forma, se asigna a los ETDs mayor capacidad de proceso, responsabilizándose éstos del control de errores y del control de flujo, liberando de tales responsabilidades a la red, que ahora puede mejorar su rendimiento. En esencia éste es el principio de operación de las redes Frame Relay, si bien utilizando las cabeceras o etiquetas del nivel de enlace en lugar de las de el nivel de paquetes (nivel 3).



(a) Funcionamiento real



(b) Funcionamiento ideal

Figura 1.2 Optimización de la operación de las redes de paquetes.

2

NIVELES DE

X.25

2. NIVELES DE X.25.

X.25 requiere tres niveles de funcionalidad específicamente las cuales son las siguientes.

- Nivel físico.
- Nivel del eslabón.
- Nivel del paquete.

Estas tres niveles o capas corresponden a las tres capas más bajas del sistema OSI. La capa física se trata de la interfase física entre una estación atada (computadora, término) y el eslabón que ataca y estaciona al nodo paquete-cambiando. La norma se refiere a las máquinas del usuario como a los datos del equipo terminal (DTE) y a un nodo paquete-cambiando al que un DTE, se ata a los datos del equipo (DCE). La capa del eslabón mantiene el traslado fiable de datos por el eslabón físico transmitiendo los datos como una sucesión de marcos. La norma de la eslabón-capa es llamada LAPB (Protocolo de Acceso del Eslabón Equilibrado).

A continuación se muestra con más detalle los niveles de X.25.

2.1 Nivel 1. Físico.

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

En muchos países el uso de X.21 no está muy extendido, X.25 tiene prevista la utilización del interfaz físico X.21 bis/RS-232-C. El término bis hace referencia a la segunda versión del estándar recomendado, aunque X.21 no es muy similar a X.21bis. Tanto X.21 bis como RS-232-C utilizan la asignación de circuitos CCITT V.24. RS-232-C identifica los circuitos con dos letras (ejemplo BA); V.24 identifica sus circuitos con tres números (ejemplo 103).

Para utilizar esas interfaces, X.25 requiere que los circuitos 105 (CA), 106 (CB), 107 (CC), 108.2 (CD) y 109 (CF) estén activados. Los datos se intercambian por los circuitos 103 (BA) y 104 (BB). Si esos circuitos están desactivados, X.25 supone que el nivel físico está en estado inactivo y que los niveles superiores (como el de enlaces de datos [LAPB] y de red [X.25]) no funcionarán.

La tabla 2.1 muestra los principales circuitos RS-232-C y V.24 que requiere X.25.

El nivel físico de X.25 no realiza funciones de control significativas.

X.21: Se utiliza para el acceso a redes de conmutación digital. (Similares a las de telefonía digital.)

X.21bis: Se emplea para el acceso a través de un enlace punto a punto. (Similar a RS-232 en modo síncrono.)

En cuanto a las características mecánicas, se usan conectores *Canon* de 15 pines o de 25 pines. Las velocidades se mueven entre los 64kbps y los 2Mbps, velocidades que pueden parecer bajas y, de hecho, así son. X.25 presenta un problema de baja eficiencia por la exagerada protección contra errores que implementa y que con las redes de hoy en día no tienen sentido.

	RS-232-C	V.24
Envío de datos	BA	103
Recepción de datos	BB	104
Solicitud de transmisión	CA	105
Permiso para transmisión	CB	106
Equipo de datos preparado	CC	107
Terminal de datos preparado	CD	108.2
Detección de portadora	CF	109

Tabla 2.1 Circuitos para el estándar X.25

2.2. Nivel 2. Enlace de datos.

X.25 supone que el nivel de enlace de datos es LAPB. Este protocolo de línea es un subconjunto del ámbito HDLC.

El protocolo HDLC se diseñó para proporcionar un mecanismo de detección y corrección de errores de propósito general a los enlaces digitales, entendiendo como enlace un único cable que conecta dos máquinas (enlace punto a punto), o varias máquinas (enlace multipunto), este protocolo es muy extenso, por lo que rara vez se utiliza la implementación completa; lo normal es que se utilicen subconjuntos

En X.25 se supone que el nivel de enlace es LAPB. Este protocolo de línea es un conjunto de HDLC. LAPB y X.25 interactúan de la siguiente forma: En la trama LAPB, el paquete X.25 se transporta dentro del campo I (información). Es LAPB el que se encarga de que lleguen correctamente los paquetes X.25 que se transmiten a través de un canal susceptible de errores, desde o hacia la interfaz ETD/ETCD. La diferencia entre paquete y trama es que los paquetes se crean en el nivel de red y se insertan dentro de una trama, la cual se crea en nivel de enlace.

Para funcionar bajo el entorno X.25, LAPB utiliza un subconjunto específico de HDLC. Los comandos que maneja son: Información(I), Receptor Preparado(RR), Rechazo(REJ), Receptor No Preparado(RNR), Desconexión(DSC), Activar Modo de Respuesta Asíncrono(SARM) y Activar Modo Asíncrono Equilibrado(SABM). Las respuestas utilizadas son las siguientes: Receptor Preparado(RR), Rechazo(REJ), Receptor No Preparado(RNR), Asentimiento No Numerado(UA), Rechazo de Trama(FRMR) y Desconectar Modo(DM).

Los datos de usuario del campo I no pueden enviarse como respuesta. De acuerdo con las reglas de direccionamiento HDLC, ello implica que las tramas I siempre contendrán la dirección de destino con lo cual se evita toda posible ambigüedad en la interpretación de la trama. X.25 exige que LAPB utilice direcciones específicas dentro del nivel de enlace.

En X.25 pueden utilizarse comandos SARM y SABM con LAP y LAPB, respectivamente. No obstante se aconseja emplear SABM, mientras que la combinación SARM con LAP es poco frecuente.

Tanto X.25 como LAPB utilizan números de envío(S) y de recepción (R) para contabilizar el tráfico que atraviesan sus respectivos niveles. En LAPB los

números se denotan como N(S) y N(R), mientras que en X.25 la notación de los números de secuencia es P(S) y P(R).

LAPB utiliza un subconjunto específico de HDLC para funcionar en el entorno X.25, las trece órdenes y respuestas son:

Órdenes	Respuestas
Información (I)	Receptor preparado (RR)
Receptor preparado (RR)	Rechazo (REJ)
Rechazo (REJ)	Receptor no preparado (RNR)
Receptor no preparado (RNR)	Aceptación no numerada (UA)
Desconexión (DSC)	
Establecer modo de respuesta	
Asíncrona (SANM)	Rechazo de trama (FRMR)
Establecer modo de respuesta	
Equilibrado (SABM)	Desconectar modo (DM)

Algunos tipos y significados son:

SABM (Set Asynchronous Balance Mode): Sirve para configurar el receptor y el emisor.

UA (Unnumbered ACK): Confirma tramas no numeradas que funcionan en modo parada y espera

DSC: Se utiliza para desconectar.

SABME: Se configuran emisor y receptor acordando utilizar numeración extendida.

RESET: Ante situaciones irrecuperables se pone todo a cero y se informa al nivel superior de que ha habido un fallo grave.

Observemos el ejemplo de la figura 2.2.;

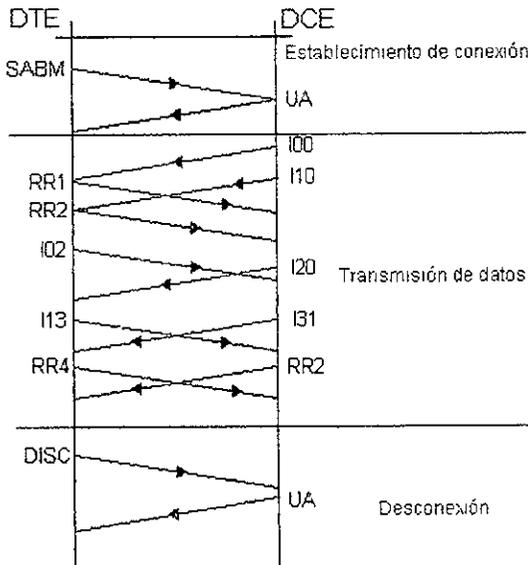


Figura 2.2. Ejemplo de Comunicación LAPB.

Vemos que esta dividida en tres fases:

Establecimiento de conexión:

En esta fase, un sistema final o DTE pide que se abra una comunicación con la trama SABM. En primer lugar, es importante señalar que el receptor será siempre un DCE puesto que trabajamos en el Nivel de Enlace, es decir, con comunicaciones entre entidades directamente conectadas. Con la trama citada, el DTE consigue informar al DCE de qué características tendrá la comunicación que quiere establecer, en este caso por ejemplo, la numeración será la que exista por defecto y no será numeración extendida.

Una vez recibida la trama correctamente en el DCE, éste contesta con UA para confirmar que la comunicación queda abierta.

Hasta aquí, como podemos comprobar en la figura, se trabaja en modo parada y espera.

Fase de transmisión de datos:

Tras establecer la conexión y algunos de sus parámetros ya se puede pasar a mandar información. En el caso de la figura, es el DCE quien envía una trama, la trama I00. Como ya sabemos, esto quiere decir que la trama que se envía es la trama 0 y que el DCE está esperando recibir del DTE la trama 0. Tanto esta trama como la siguiente que manda el DCE, la I01, son confirmadas por el DTE con tramas RR. Como recordamos, no se asiente una trama con su número sino con el número de la trama que a partir de ese momento se espera, es decir, la siguiente a la que se confirma. Ésta es la razón por la que I00 se confirma con RR1.

La primera trama que envía el DTE es I02, es decir, en este punto él manda la trama 0 y está esperando la 2. Una vez llega ésta al DCE, éste la confirma con I31, esto es, mandando su cuarta trama e indicando que queda a la espera de la trama 1 del DTE

En el proceso ilustrado no figura ningún error pero, de haberlo, todo funcionaría como quedó descrito en ARQ con rechazo simple. Bien porque saltase un TIMER o por la recepción de una trama REJ se obligaría a la retransmisión a partir de la trama errónea.

El proceso así descrito continuará, si no surge ningún problema irrecuperable, hasta que uno de los interlocutores pida la desconexión.

Desconexión.

Una de las entidades envía la trama DISC que es confirmada con UA. Queda así la comunicación cerrada.

Por último, estudiemos algunos parámetros que intervienen en la comunicación y que son modificables y configurables en función de las condiciones de la red. Son:

T1 o Plazo de Retransmisión:

Es el tiempo que se espera desde la transmisión de una trama hasta su retransmisión por falta de ACK. Es el objeto del TIMER del que hemos venido hablando hasta ahora.

T2 o Retardo Máximo antes de Asentimiento:

Pueden no asentirse las tramas inmediatamente según llegan. Puede esperarse un tiempo menor que este T2 por si llegan más tramas que puedan ser asentidas todas juntas.

T3 o Plazo de Inactividad:

Si transcurre un tiempo sin que se transmita o reciba nada se emite un RR asintiendo la última trama que hubiese llegado. Es necesario testear el enlace para comprobar un posible fallo grave como la caída de un nodo.

N1 o Longitud Máxima de la Trama.

N2 o Número Máximo de Retransmisiones de una Trama:

Si después de N2 retransmisiones de una trama, ésta no es asentida se resetea el enlace o se desconecta informando al nivel superior.

K o Tamaño de Ventana.

2.3. Nivel 3. Red.

Este nivel está especificado por el PLP (Packet Layer Protocol) que es un protocolo de acceso a nivel de red y que proporciona un servicio al nivel superior:

- *de subred (SNACP).*
- *modo paquete*
- *orientado a conexión.*
- *fiable.*
- *multiplexión:* uso de una conexión para varias comunicaciones simultáneas. El DTE origen dialoga con su nodo, pero *virtualmente* lo hace con todos los DTE's multiplexados.

El estándar proporciona mecanismos para establecer y mantener las conexiones;

- Circuito virtual permanente (PVC).
- Llamada virtual (VC).
- Llamada de selección rápida.
- Llamada de selección rápida con liberación inmediata

Circuito virtual permanente (PVC). El ETD que transmite tiene asegurada la conexión el ETD que recibe a través de la red de paquetes. X.25 requiere que se establezca un circuito virtual permanente antes del comienzo de la sesión. Antes de reservar un circuito virtual permanente, ambos usuarios han de llegar a un acuerdo con la compañía explotadora de la red. A partir de entonces, cuando un ETD (transmisor envía un paquete a la red, la información de identificación del paquete (el número de canal lógico) indica que el ETD receptor. En consecuencia se puede establecer la conexión con la red y el ETD receptor sin necesidad de un posterior arbitraje o negociación. El PVC no requiere procedimientos de establecimiento ni de liberación, y el canal lógico está siempre en modo de transferencia de información.

Llamada virtual (VC). Una llamada virtual (también conocida como llamada conmutada virtual) recuerda en cierto modo algunos de los procedimientos asociados con las líneas telefónicas convencionales. El ETD original envía por la red un paquete de solicitud de llamada con un número de canal lógico (LCN) de 11. La red encaminada el paquete de solicitud de llamada al ETD destino. Este recibe dicho paquete como paquete de llamada entrante procedente de su nodo de red con un LCN de valor 16.

La numeración de canales lógicos se efectúa en cada extremo de la red, el requerimiento principal es que la sesión entre los ETD esté identificada en todo momento por los LCN 11 y 16. Los números del canal lógico identifican específicamente las diversas sesiones de usuario de cada circuito físico en cada extremo de la red. En el interior de la red, los nodos intermedios de conmutación de paquetes puede utilizar su propia numeración LCN

Si el ETD receptor decide aceptar la solicitud de llamada, transmite a la red un paquete de aceptación de llamada. La red se ocupa de transportar este paquete al ETD solicitante en forma de paquetes de llamada conectada. Tras el establecimiento de la llamada, el canal entra en modo de transferencia de datos.

Al terminar la sesión, cada ETD envía una solicitud de liberación. Esta es recibida y aceptada con un paquete de confirmación de liberación.

Llamada de selección rápida. Los ETD pueden solicitar a los nodos de red (ETCD) el uso de esta utilidad colocando una petición adecuada en la cabecera de un paquete. LA selección rápida permite que el paquete de solicitud de llamada contenga hasta 128 bytes (octetos) de datos de usuario. El ETD destinatario de la llamada puede responder con un paquete de llamada aceptada, que puede contener también datos de usuario. El paquete de solicitud de llamada/llamada entrante indica si el ETD remoto debe responder con una liberación de llamada o con una llamada aceptada. Si se transmite una llamada aceptada, la sesión X.25 continua con la transferencia de datos y procedimientos de liberación como si se tratara de una llamada virtual conmutada.

Llamada de selección rápida con liberación inmediata. Contiene datos de usuario. Este paquete se transmite por la red hasta el ETD destinatario, que, tras la aceptación, envía una liberación de liberación (que puede contener también datos de usuario). Esta solicitud de liberación es recibida en el centro original como un paquete de indicación de liberación. El centro original envía una confirmación de liberación. El paquete de confirmación de liberación no puede contener datos de usuario. Por tanto, el paquete de ida establece la conexión y el paquete de vuelta la cierra.

La idea de las selecciones rápidas es dar soporte a aquellas aplicaciones de usuario que sólo involucran una o dos transacciones, como por ejemplo, aplicaciones solicitud/respuesta (terminales punto de venta, talones de crédito, transferencias de fondo, etc.). No es eficiente que esas aplicaciones utilicen la llamada virtual conmutada, debido a las sobrecargas y los retardos del procedimiento de apertura y cierre de sesión. Los dos extremos de la red han de suscribir al servicio de selección rápida, o la red bloqueará la llamada.

2.3.1 LCN.

Es un número que permite identificar al CV involucrado en una determinada transferencia y que es distinto a cada lado de la comunicación, aunque el CV sea el mismo. El rango de LCN's que pueden usarse, se contrata con la empresa que ofrece el servicio (Telefónica, etc.). Un LCN se especifica con 12bits, lo cual da lugar a que puedan usarse como máximo 4095 LCN's (el 0 tiene un significado especial).

Utilización:

Los LCN's se escogen por el DTE o por el DCE (la red en el fondo) cuando se necesitan, liberándolos cuando los acaban de usar. Ambos tienen una lista donde marcan los LCN's libres y ocupados (lo que se marca en una lista se refleja inmediatamente en la otra).

El DTE empieza a escoger por los LCN's de mayor numeración

El DCE (la red) empieza por los de menor numeración.

Podría ocurrir que se juntasen en el centro (los DTE vienen de arriba y los DCE de abajo) y esto desemboca en varias posibilidades:

Que cuando DTE o DCE vayan a escoger un número, en sus listas figuren todos como ocupados. En este caso, no se aceptarían sus paquetes.

Que sólo quede un LCN por elegir y los dos lo cojan al mismo tiempo. En este caso la red (DCE) tendría prioridad. La conexión del DTE se contesta con un clear desde la red y se rechaza. Verla figura 2 3. 1.

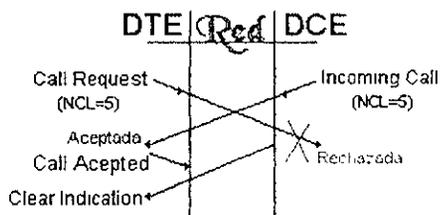


Figura 2.3.1. Ejemplos del uso de LCN's.

Comentano a la figura

En respuesta a un Call Request anterior (que el DTE asignó sin problemas al LCN 6 por ejemplo), el DCE trata de asignar el LCN 5 pues lo ve libre. Así el CV de esa conexión tendría asociado el LCN 6 en el DTE y el 5 en el DCE.

Al mismo tiempo el DTE ha visto libre el LCN 5 y trata de establecer un nuevo CV asignándosele

Como consecuencia de esto es la operación del DCE (de la red) la que se acepta, rechazándose el Call Request del DTE.

Una posible solución para evitar colisiones de este tipo, es dividir por rangos la oferta de LCN's. Por ejemplo asignar una cierta cantidad de números para CVs entrantes, otra para salientes y otros que fuesen bivalentes. Así solo habría colisión en los bivalentes, pues los entrantes y salientes sólo podrían ser elegidos por DTE y DCE respectivamente

2.3.2. El bit D.

El bit D cuando vale 0, el valor de P(R) indica el reconocimiento de la recepción de los paquetes de datos por la red. Cuando D vale 1, el campo P(R) se utiliza para indicar la aceptación del paquete entre extremos; es decir, de un ETD a otro. Cuando se utiliza la opción D=1, X.25 asume una de las funciones del nivel de transporte, la contabilidad entre extremos.

2.3.3. El bit M.

El bit M (más datos) identifica una secuencia relacionada de paquetes que viaja por la red. Esto sirve de ayuda a los ETD y a la red para mantener la identidad de los bloques de datos cuando éstos son divididos por la red en paquetes más pequeños. Por ejemplo, un bloque de datos perteneciente a una base de datos debe ser presentado al ETD receptor en el orden correcto. Esto es muy importante cuando las redes se conectan entre si.

2.3.4. Paquetes A y B.

La combinación de los bits M y D establece dos categorías del estándar X.25. Dichas categorías se designan como paquetes A y paquetes B. De esta forma los ETD y ETCD pueden identificar secuencias de más de un paquete y se permite que la red combine paquetes.

Un paquete de categoría B finaliza una secuencia relacionada de paquetes. Por el contrario, Los paquetes de categoría A forman parte de una secuencia en progreso y deben estar completos. Con $M=1$ y $D=0$. Sólo los paquetes de categoría B pueden tener el bit D a 1 para realizar confirmaciones de extremo a extremo. Los paquetes de tipo A y el de tipo B que cierra la secuencia pueden ser unidos por la red formando un solo paquete. Los paquetes tipo B deben mantener su identidad como paquetes separados. La combinación de paquetes es útil cuando en la ruta por la red se utilizan paquetes de diferentes tamaños, o bien en la conexión entre redes cuando las diferentes subredes utilizan diferentes tamaños de paquetes. Se permite así el seguimiento de los paquetes como si fueran un todo lógico. Si este fuera el caso, el bit M se puede utilizar para indicar al ETD receptor que hay una secuencia de flujo de paquetes relacionado.

Las especificaciones de los bits M y D es la combinación de paquetes. Por ejemplo, si el campo de datos del ETCD receptor es mayor que el ETD transmisor, la red puede combinar los paquetes dentro de una secuencia completa. Para ilustrarlo, consideremos la figura 2.3.4. Los paquetes 1, 2, 3 y 4 están relacionados, y el bit $D=1$ de los paquetes 1, 2 y 3 indica que son paquetes de tipo A. El paquete 4 es un paquete de tipo B, que finaliza una secuencia de paquetes y permite que los paquetes se combinen. Los paquetes 5, 6 y 7 pertenecen a otra secuencia, y el paquete 7 (un paquete de categoría B) utiliza el bit M para identificar la secuencia completa de paquetes.

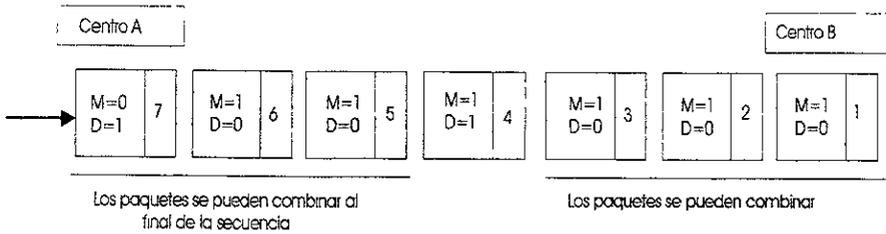


Figura 2.3.4. Paquetes tipo A y B en X.25.

2.3.5. El bit Q.

Este bit es opcional y se utiliza para distinguir entre datos de usuario e información de control.

2.3.6. El bit A.

Está en la misma posición que el bit Q y se utiliza sólo para paquetes de gestión de conexión, establecimiento de llamadas, liberación de llamadas, etc. A su vez el bit Q se utiliza sólo en paquetes de datos. El propósito del bit A es permitir variaciones en las direcciones convencionales de X.25 (que usualmente son X.121). Si en el paquete de establecimiento de llamada el bit A está a 1, es una indicación de que el campo de direcciones puede contener otras formas de direccionamiento.

2.4. Capa de red en redes públicas.

El X.25 define la interfase entre el hostal, al que el CCITT generalmente llama DTE (equipo terminal de datos), y el equipo del operador, conocido en el CCITT como DCE (equipo terminal de circuito de datos). A un IMP se le conoce como DCE (Central de comunicación de datos). X.25 define el formato y significado de la información intercambiada a través de la interfase DTE-DCE para los

protocolos de las capas 1, 2, y 3 (véase figura 2.4.1. Dado que mediante la interfase se tendrá el equipo del operador (el DCE) del equipo del usuario (el DTE), es muy importante que la interfase quede cuidadosamente definida, nótese que el uso que le da el CCITT a la palabra "interfase" difiere de aquél dado por la OSI.

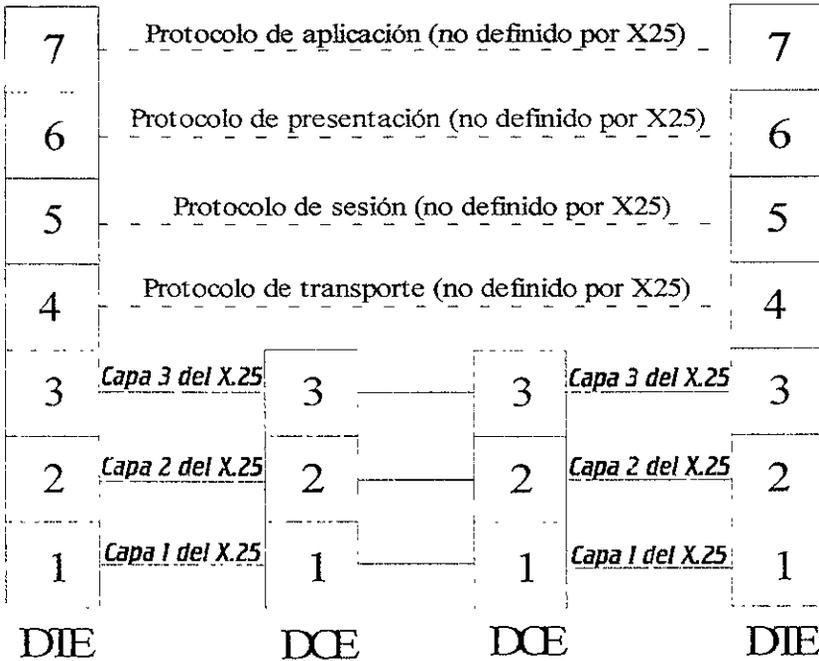


Figura 2.4.1. Lugar del X.25 en la jerarquía de los protocolos.

La capa 3 trata de conexiones entre un par de DTE; habiendo para ello dos formas de hacerlo, a través de una llamada virtual y de circuitos virtuales permanentes. Una llamada virtual es parecida a una llamada telefónica común y corriente, es decir se establece una conexión, se envían los datos y, después, se libera la conexión. A diferencia de ésta, el funcionamiento del circuito virtual permanente es parecido al de una línea alquilada; siempre se encuentra presente

y el DTE de cualquiera de los dos extremos puede transmitir datos en el momento que lo desee, sin que sea necesario hacer algún tipo de establecimiento. Por lo general, los circuitos virtuales permanentes se utilizan en situaciones en las que se tiene un volumen muy elevado de datos. Dado que la transmisión de datos sobre un circuito virtual permanente es la misma que una llamada virtual, no discutiremos mayormente los circuitos virtuales permanentes.

Las conexiones (llamadas virtuales en la terminología del CCITT) se llevan a cabo de la siguiente manera. En el momento en que un DTE quiera comunicarse con otro DTE, primero deberá establecer una conexión. Para hacer esto, el DTE crea un paquete SOLICITUD DE LLAMADA y lo pasa a su DCE. La subred, entonces se encarga de entregar el paquete al DCE destinatario, quien a su vez lo pasa al DTE de destino. Si finalmente éste desea aceptar la llamada, envía un paquete de vuelta con la instrucción LLAMADA ACEPTADA. Cuando el DTE fuente recibe el paquete LLAMADA ACEPTADA, se establece el circuito virtual, (En realidad, cuando un paquete llega al DTE fuente, a éste se le llama paquete LLAMADA CONECTADA, pero de hecho es igual al paquete LLAMADA ACEPTADA, transmitido por el DTE remoto).

A partir de este momento. Los dos DTE pueden utilizar, una conexión bilateral simultanea para intercambiar paquetes de datos. En el momento en que cualquiera de los dos datos llegue a cansarse, enviará un paquete de SOLICITUD DE CANCELACIÓN al otro lado, lo cual entonces procederá a enviar de vuelta un paquete CONFIRMACIÓN DE CANCELACIÓN como acuse de recibo. En la figura 2.4.2 se muestran las tres fases correspondientes a la conexión en X.25.

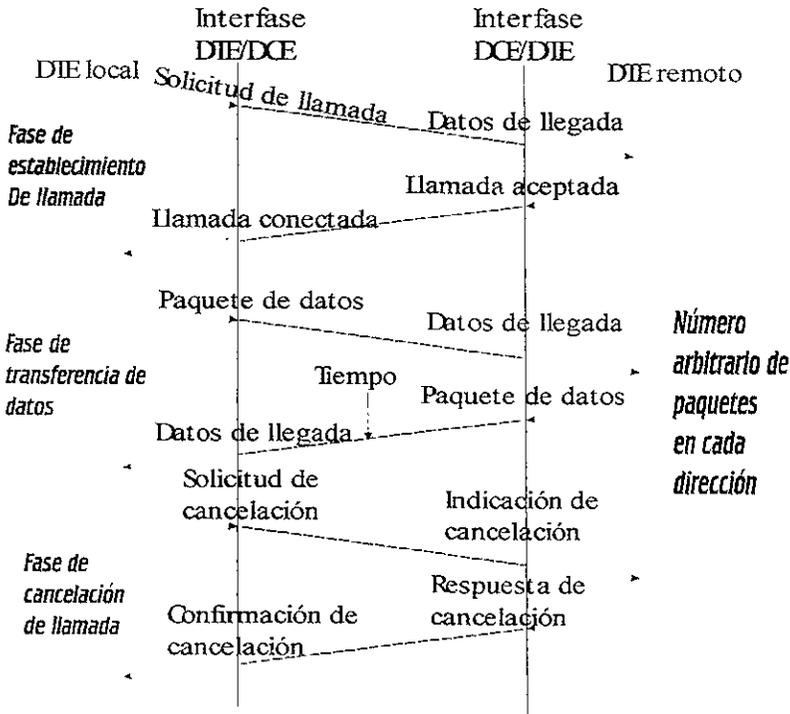


Figura 2.4.2. Las tres fases de una conexión X.25

El

DTE fuente puede seleccionar cualquier número de circuito virtual inactivo para identificar la conexión. Si este número de circuito virtual se encuentra ocupado en el DTE destinatario, el DCE de destino deberá reemplazarlo por un número no usado antes de entregar el paquete. Por lo tanto, la selección del número de circuito en las llamadas que salen, está determinada por el DTE y, para las

llamadas que llegan, por el DCE. Podría llegar a presentarse una situación en donde las dos seleccionen simultáneamente el mismo número, generándose una colisión de llamada. El X.25 especifica que si llega a presentarse una colisión de llamada, la llamada que sale sigue mientras que la de entrada se cancela. Muchas redes tratarán de establecer la llamada de entrada inmediatamente después, utilizando un circuito virtual diferente. Para minimizar la posibilidad de tener una colisión de llamada, el DTE selecciona normalmente el identificador mayor que se encuentra disponible para las llamadas de salida y el DCE selecciona el identificador menor para las llamadas de entrada.

En la figura 2.4.3 (a) se muestra el formato del paquete SOLICITUD DE LLAMADA. Este paquete, así como los dos paquetes X.25 comienza con una cabecera de tres octetos.

Los campos correspondientes a Grupo y Canal forman un número de circuito virtual de 12 bits. El circuito virtual 0 está reservado para uso futuro, por lo que, en principio, un DTE puede llegar a tener hasta 4095 circuitos virtuales simultáneamente abiertos. Los campos Grupo y Canal, desde el punto de vista individual, no tienen un significado particular.

El campo tipo en el paquete de SOLICITUD DE LLAMADA, y en todos los otros paquetes de control, se encarga de identificar el tipo de paquete. El bit del campo Control se fija con un valor de 1 en todos los paquetes de control y con un valor de 0 en todos los paquetes de datos. Al revisar primero este bit el DTE puede saber si el paquete que acaba de llegar contiene información de datos o de control.

Con esto terminamos con la cabecera (de 3 octetos). Los campos restantes que se muestran en la figura 2.4.3 (a), son exclusivos del paquete de SOLICITUD DE LLAMADA. Los dos campos siguientes indican la longitud de las direcciones del que llama y del llamado, respectivamente. Las dos direcciones están

codificadas como dígitos decimales, con 4 bits por cada dígito. A los hábitos viejos les cuesta morir en la industria telefónica.

El sistema de direccionamiento que se utiliza en el X.25 está definido en las recomendaciones X.121 del CCITT. Este sistema es parecido a la red telefónica pública conmutada, con cada hostal identificado por un número decimal que consta con un código del país, un código de red y una dirección dentro de la red especificada. La dirección completa puede llegar a constar de un máximo de 14 dígitos decimales, de los cuales los primeros tres indican el país, y los siguientes indican el número de la red. Para aquellos países que esperan tener muchas redes públicas involucradas en el tráfico internacional, se han asignado múltiples códigos de país, por ejemplo a Estados Unidos se le han asignado los códigos de país del 310 al 329, permitiendo así tener hasta 200 redes; a Canadá se le han asignado números de códigos que van del 302 al 307, permitiendo tener así hasta 60 redes únicamente. Los códigos de países cuyos dígitos iniciales comienzan con el 0 o 1, se reservan para un uso futuro, y aquellos que comienzan con el 8 y 9 se utilizan para conectarse al teles público y a la red telefónica, respectivamente. La división de los diez dígitos restantes no es especificada por el X.121, permitiendo a cada red que asigne por sí misma los 10 billones de direcciones (10 000 millones).

El campo longitud de facilidades indica que número de octetos ofrece el campo de facilidades que sigue. El campo de facilidades se utiliza para solicitar algunas características especiales para esta conexión. Las características específicas que están a disposición pueden variar de red a red. Una posible característica es el cobro revertido del servicio (llamadas a cobro revertido). Este servicio, es especialmente importante para organizaciones con millares de terminales remotas, que indican llamadas hacia un ordenador central. Si todos los terminales solicitaran siempre el cobro revertido, la organización solamente tendrá un "recibo telefónico", en lugar de miles de ellos. Otra posibilidad es la entrega de

alta prioridad. Otra de las características es el hecho de tener un circuito virtual unidireccional, en lugar de uno bidireccional alternado.

El usuario que llama, también, puede especificar una longitud máxima de paquete, así como un tamaño de ventana, en lugar de utilizar los valores de "omisión" que consta de 128 octetos y dos paquetes, respectivamente. Si al usuario llamado no le gusta la longitud máxima de paquete o el tamaño de la ventana propuestos, puede hacer una contrapropuesta en el campo de facilidad del paquete LLAMADA ACEPTADA. La contrapropuesta sólo puede cambiar la original para acercarla a valores más cercanos a los de omisión, y no más alejados. En la figura 2.4.4 se listan algunos de los servicios que comúnmente ofrecen muchas redes.

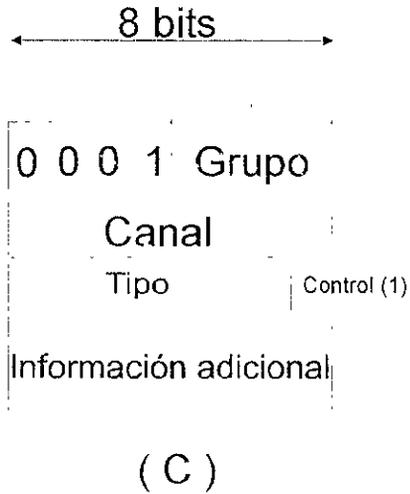
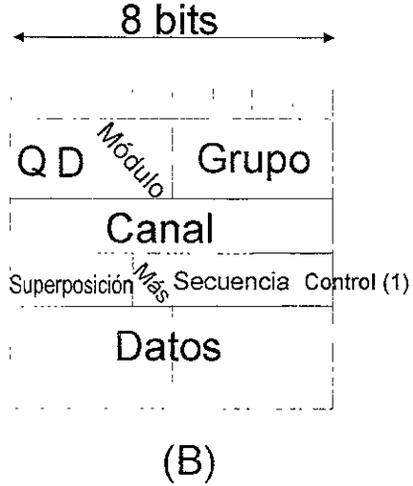
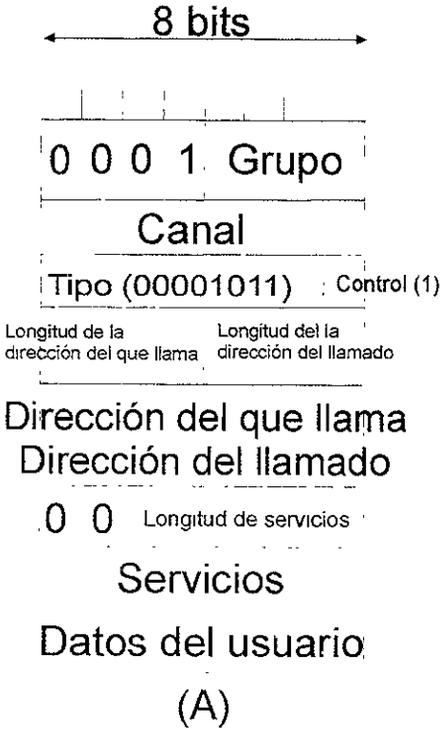
Algunos servicios pueden seleccionarse cuando el cliente se convierte en un suscriptor de la red, mas que en base a cada llamada. Estos incluyen a grupos cerrados de usuarios (por razones de seguridad, ningún usuario puede hacer una llamada hacia fuera del grupo), tamaños máximos de ventana que sean menores de siete (para terminales con espacio limitado de memoria temporal), la velocidad de la línea (por ejemplo, 2400 bps, 4800 bps, 9600 bps), y la prohibición de llamadas de salida o de entrada (terminales que pueden hacer llamadas, pero no aceptar otras).

El campo datos de usuario permite que el DTE transmita hasta 16 octetos juntos de datos con el paquete SOLICITUD DE LLAMADA. Los DTE pueden decidir por si mismos que hacer con esta información; podrían decidir, por ejemplo, utilizarla para indicar el proceso al cual el usuario desea conectar el DTE. Alternativamente, podría contener una palabra de paso.

En la figura 2.4.3(b) se muestra el formato de los otros paquetes de control. Algunos tienen solamente cabeceras; mientras que otros tienen uno o dos octetos adicionales. El cuarto octeto del paquete SOLICITUD DE CANCELACIÓN, por

ejemplo, indica la razón por la cual se canceló la conexión. Los paquetes SOLICITUD DE CANCELACIÓN son generados automáticamente por la subred en el momento en que un SOLICITUD DE LLAMADA no puede conectarse. Cuando esto sucede, aquí se registra la causa. Entre las causas más comunes, se encuentran las siguientes: el usuario llamado rehúsa aceptar el cobro revertido; el número está ocupado; el lugar de destino está desactivado; o bien, la red está congestionada.

Debido a que X.25 hace una distinción entre una SOLICITUD DE CANCELACIÓN y una CONFIRMACIÓN DE CANCELACIÓN, existe la posibilidad de que aparezca una colisión por cancelación (es decir, que los dos lados deciden terminar la conexión simultánea). Sin embargo, siempre resultará obvio lo que está sucediendo, por lo tanto no hay ambigüedad, y la conexión se pueda sencillamente cancelar.



Tipo	Tercer octeto
DATOS	PPPMSSSO
SOLICITUD DE LLAMADA	00001011
LLAMADA ACEPTADA	00001111
SOLICITUD DE CANCELACIÓN	00010011
CONFIRMACIÓN DE CANCELACIÓN	00010111
INTERRUPCIÓN	00100011
CONFIRMACIÓN DE INTERRUPCIÓN	00100111
RECEPTOR LISTO	PPP00001
RECEPTOR NO LISTO	PPP00101
RECHAZO	PPP01001
SOLICITU DE REESTABLECIMIENTO	00011011
CONFIRMACIÓN DE REESTABLECIMIENTO	00011111
SOLICITU DE REINICIO	11111011
CONFIRMACIÓN DE REINICIO	11111111
DIAGNÓSTICO	11110001

(D)

Figura 2.4.3 Formatos X.25 para paquetes. A)Formato de solicitud de llamada. B)Formato de paquete de control. C)Formato de paquete de datos. D)Campo del tipo (P=Superposición, S=Secuencia, M=Más).

En la figura 2.4.3 (c) se muestra el formato del paquete de datos. El bit q indica que son datos cualificados. La norma no indica nada sobre lo que distingue los datos calificados de los no calificados, pero la intención consiste en permitir que los protocolos, en las capas de transporte y capas superiores, fijen el valor de este bit en 1, y así poder separar sus paquetes de control de sus paquetes de datos. El campo Control siempre tiene un valor de 0 para los paquetes de datos. Los campos de secuencia y superposición se utilizan para el control de flujo, mediante el empleo de una ventana deslizante. Los números de secuencia están en módulo 8 si el Módulo es 01, y en módulo 128 si el Módulo es 10 (Las

secuencias 00 y 11 no son legales). Si se utilizan los números de secuencia módulo 128, la cabecera se extiende con un octeto adicional para acomodar adecuadamente los campos de mayor longitud correspondientes a Secuencia y Superposición: El significado del campo Superposición, está determinado por el valor fijado para el bit D. Si D=0, un asentimiento subsiguiente solo significará que el DCE local ha recibido el paquete, y no que lo haya recibido el DTE remoto. Si, por otra parte D=1, el asentimiento será un asentimiento verdadero de extremo a extremo, lo cual significa que el paquete se ha entregado con éxito al DTE remoto.

Aun cuando la entrega no esté garantizada (es decir D=0), el campo de Superposición puede llegar a ser muy útil. Considérese, por ejemplo, un operador que ofrece un servicio con un retardo muy grande, especial para cazadores de ofertas. Los paquetes que llegan se escriben en cintas magnéticas, las cuales se envían por correo al siguiente día hasta su destino. En este caso, el campo de Superposición se utiliza estrictamente para control de flujo; por medio de él se indica al DTE que el DCE está preparado para aceptar sólo el siguiente paquete y nada más.

Números de secuencia de uso extendido
Fijación del tamaño de la ventana sin normalizar
Fijación del tamaño del paquete sin normalizar
Fijación de la clase de rendimiento (75 bps a 48 kbps)
Solicitud de cobro revertido
Aceptación de cobro revertido
Selección de operador (por ejemplo, TELNET O TYMNET)
Sólo datos de salida (sin que haya datos de entrada)
Solo datos de entrada (sin que haya datos de salida)
Repetición no selectiva contra repetición selectiva
Uso de selección rápida

Figura 2.4.4 Ejemplos de los servicios del X.25

Un punto muy importante que se debe mencionar con respecto a los asentimientos en X.25 es que, en lugar de devolver el número del último paquete que se recibió en forma correcta se les solicita a los DTE que devuelvan el número del siguiente paquete esperado (es decir, uno mayor). Esta elección es completamente arbitraria pero, para que lleguen a ser compatibles con X.25 los DTE deberán adaptarse a todas las reglas acordadas por el CCITT.

El campo Más le permite a un DTE indicar que un grupo de paquetes pertenecen al mismo conjunto. En un mensaje largo, cada paquete, excepto el último, tendrá el bit Más puesto a uno. Sólo un paquete completo puede tener este bit a 1. La subred tiene la libertad de ensamblar los datos en paquetes con diferentes longitudes, si así lo necesita, pero nunca combinará datos procedentes de diferentes mensajes (como lo indica el bit Más) en un solo paquete.

La norma dice que todos los operadores deben de ser capaces de soportar los paquetes con una longitud máxima de 128 octetos de datos. Sin embargo, la norma también indica que se permite que los operadores proporcionen longitudes máximas opcionales de 16, 32, 64, 256, 512, 1024, 2048 y 4096 octetos. Además, la longitud máxima de los paquetes se puede negociar en el momento en que se establece una conexión. La razón de tener longitudes máximas de los paquetes mayores de 128, es cuestión de eficiencia; en tanto que, la razón de tener longitudes máximas de los paquetes menores de 128, es para permitir que los terminales, con muy poco espacio de memoria temporal, estén protegidas contra la llegada de paquetes largos.

Los otros tipos de paquetes de control son los que se muestran en la lista de la figura 3.4.3 (d). Los paquetes de **INTERRUPCIÓN** permiten que una señal pequeña (de 32 octetos) seas transmitida fuera de secuencia. Debido a que los paquetes de control no llevan consigo números de secuencia, se podrán entregar tan pronto como lleguen, sin importar cuantos paquetes de datos en secuencia se encuentran en la cola de espera, delante de ellos. Un uso típico de este paquete consiste en comunicar el hecho de que un usuario de un terminal presionó la tecla

de fin o terminación. Un paquete de **INTERRUPCION** se asiste mediante un paquete de **CONFIRMACIÓN DE INTERRUCIÓN**.

El paquete **RECEPTOR LISTO (RR)** se utiliza para transmitir acuses de recibo cuando no hay tráfico sobre el cual llevar a cabo la superposición. El campo **PPP** indica cual es el siguiente paquete que se está esperando. Cuando los números de secuencia están en módulo 128, será necesario que el paquete tenga un octeto adicional

El paquete **RECEPTOR NO LISTO (RNR)** le permite a un DTE avisar al otro extremo para que ya no transmita más paquetes por el momento; después el **RECEPTOR LISTO** se puede utilizar para indicarle al DCE que proceda a transmitir.

El paquete de **RECHAZO** permite que un DTE solicite la retransmisión de una serie de paquetes. El campo **PPP** da el primer número de secuencia deseado.

Los paquetes de **REESTABLECIMIENTO** y **REINICIO** se utilizan para recuperarse de fallos de diferentes graduaciones. Una **SOLICITUD DE REESTABLECIMIENTO** se refiere a una conexión específica, y tiene el efecto de reiniciar la ventana a 0. Un uso común de una **SOLICITUD DE REESTABLECIMIENTO**, le permite, al DCE, informar al DTE que la subred ha fallado. Después de recibir una **SOLICITUD DE REESTABLECIMIENTO**, el DTE no tiene manera de saber, que los paquetes que estaban perdientes en ese momento, ya fueron entregados. La recuperación debe ser hecha por la capa de transporte. Al solicitante se le permiten hasta dos octetos extra, en el paquete de **SOLICITUD DE REESTABLECIMIENTO**, para tratar de explicar cuál es la causa del reestablecimiento. El DTE, por supuesto, también puede iniciar una **SOLICITUD DE REESTABLECIMIENTO**

Una SOLICITUD DE REINICIO es mucho más seria, se utiliza en el momento en que falla un DTE o DCE, y por lo tanto, se ve forzado a abandonar todas sus conexiones. Una SOLICITUD DE REINICIO es equivalente a transmitir una SOLICITUD DE REESTABLECIMIENTO en forma separada, para cada uno de los circuitos virtuales.

También se ofrece el servicio de un paquete de DIAGNÓSTICO, para permitir que la red informe al usuario sobre los problemas existentes, incluyendo los errores que aparecen en los paquetes que el usuario ya transmitió.

La norma X.25 contiene varios diagramas de estado para describir las secuencias de eventos, como podrían ser el establecimiento y cancelación de una llamada.

El diagrama 2.4.5, muestra las subfases del establecimiento de llamada. Inicialmente, la interfases se encuentra en el estado P1. Una SOLICITUD DE LLAMADA o LLAMADA DE ENTRADA (es decir, la llegada de un paquete de SOLICITUD DE LLAMADA) cambia el estado a P2 o P3, respectivamente. A partir de estos estados se puede alcanzar el estado de transferencia de datos, P4 ya sea de manera directa o mediante P5. Para los casos de cancelación de llamada, reestablecimiento y reiniciación, se proporcionan diagramas similares.

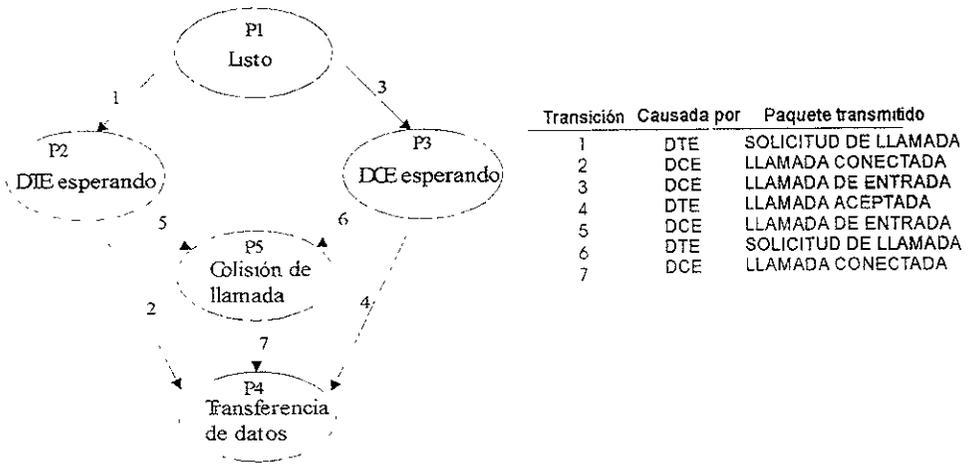


Figura 2.4.5 Establecimiento de llamada en el X.25

Hubo una demanda considerable de una facilidad data grama, adicionalmente a los circuitos virtuales. Tanto Estados Unidos como Japón hicieron propuestas (hasta cierto punto conflictivas) para la arquitectura del servicio de data gramas. De acuerdo con la tradición de las burocracias internacionales, en 1980 el CCITT terminó aceptando a las dos, haciendo al protocolo aún más complicado de lo que ya era

Sin embargo, los PIT, con 100 años de mentalidad telefónica tras ellos, no realizaron los data gramas. Algunos años después se observó que nadie estaba utilizando data gramas, por lo que fueron quitados en 1984.

Sin embargo, continuó la demanda de un servicio sin conexión. Algunas aplicaciones como las terminales de punto de venta, verificación de tarjetas de crédito y la transferencia electrónica de fondos, todas ellas tienen la propiedad de

que la parte que hace la llamada la inicia por medio de una solicitud, y la parte llamada le da una respuesta. Después de esto, no es necesaria la conexión. Con objeto de satisfacer esta demanda, en 1984 el CCITT aceptó incluir una característica de selección rápida.

Cuando se utiliza la selección rápida, el paquete de SOLICITUD DE LLAMADA se expande para incluir 128 octetos de datos de usuario. La selección rápida se solicita como un servicio más. Por lo que se refiere a la red, el paquete realmente viene a ser un intento para establecer un circuito virtual. Cuando se utiliza la selección rápida, el DTE llamado puede llegar a rechazar la llamada, que se intentó realizar, por medio de un paquete de SOLICITUD DE CANCELACIÓN, el cual también se ha expandido para incluir 128 octetos de datos de respuesta. Sin embargo, también puede aceptar la llamada, en cuyo caso el circuito virtual se establece de manera normal.

2.5 Control de Flujo y ventanas.

En el interfaz ETD/ETCD, el control de los paquetes de datos se realiza de forma separada en cada dirección, basándose en las autorizaciones de los usuarios en forma de números de secuencia de recepción o de paquetes de control Receptor preparado (RR) y Receptor no preparado (RNR).

Como X.25 multiplexa muchos usuarios en un solo enlace físico, si se emplease un RNR en el nivel de enlace podría estrangular todos los canales lógicos asociados al mismo. El control de flujo de X.25 permite realizar ese estrangulamiento de forma selectiva. Además, el secuenciamiento en el interfaz con la red añade un nivel adicional de contabilidad y de seguridad de los datos de usuario.

Los números de secuencia de paquetes evolucionan cíclicamente de 0 a 7 y de nuevo a 0, si se utilizará el módulo 128, los números de secuencia evolucionarían cíclicamente desde 0 a 127. X.25 utiliza las ventanas de longitud

establecida por el módulo para evitar la sobrecarga de paquetes. En x25 se recomienda una ventana de tamaño 2 para cada dirección del flujo, aunque las redes pueden emplear otro tamaño de ventana. Este valor de 2 limita el número de paquetes que pueden estar pendientes en un momento dado. Esta limitación hace necesaria una aceptación más rápida de los paquetes por parte del receptor. El tamaño limitado de la ventana limita también el número de paquetes en la red en cualquier instante.

En la figura 2.5, se muestra la cabecera de un paquete de datos y de otro que no lo es, mencionando cada una de los octetos que lo forman y la posición que ocupan en la cabecera.

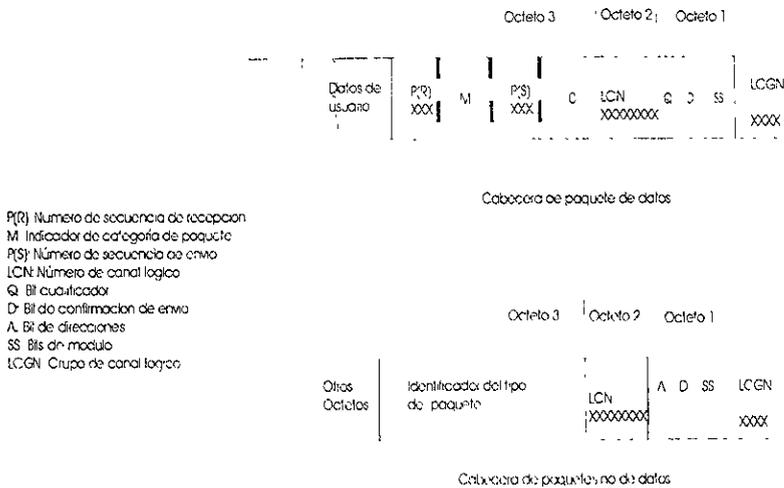


Figura 2.5 Cabecera de datos y cabecera no de datos

3

PAD

3. PAD.

El CCITT ha definido las interfases normalizadas de un PAD en sus recomendaciones (triple X) X.3, X.28, y X.29. La recomendación de X.3 define los parámetros del PAD; la x.28 define la interfase entre el terminal y el PAD; y la X.29 define la interfase entre el PAD y el ordenador DTE. El PAD no es exactamente un terminal virtual, pero tampoco encaja realmente en ninguna otra parte de la jerarquía de la OSI.

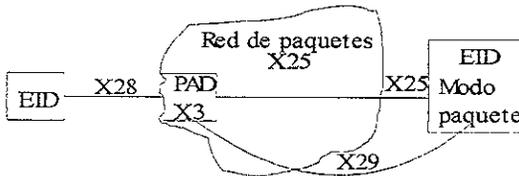
Durante el desarrollo de la recomendación X.25, en los años 70. los grupos normativos advirtieron que la mayoría de los terminales en operación eran dispositivos asíncronos no inteligentes. Es obvio que era necesario un dispositivo para la conexión de esos a la red de paquetes. Por ello se desarrollaron estándares para proporcionar funciones de conversión de protocolos y ensamblado / desensamblado de paquetes (PAD), alas terminales asíncronos.

Tras el borrador inicial del estándar X.25, emitido en 1976, en 1977 los comités de estandarización generaron las recomendaciones de tres especificaciones para el soporte de X.25, a terminales asíncronos: X.3, X:28 y X.29. Estas recomendaciones han sido mejoradas en la revisión de 1984.

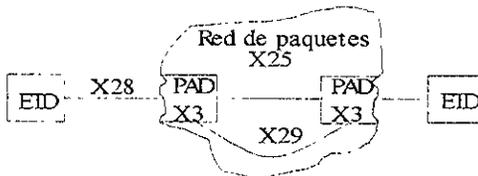
3.1. Propósito del PAD.

El propósito de un PAD es realizar la conversión de protocolos entre los dispositivos de usuario (ETD) y la red pública o privada, tanto en el extremo transmisor como en el receptor. El objetivo es dar un servicio transparente al ETD de usuario. Aunque X.3 y sus acompañantes X 28 y X.29 se ocupan solo de dispositivos asíncronos (que son una buena parte de los dispositivos hoy en día en funcionamiento), hay muchas compañías que ofrecen otros PAD para dar soporte a protocolos como BSC y SDLC. No obstante, los PAD no asíncronos caen fuera de las especificaciones de X.3, X.28 y X.29.

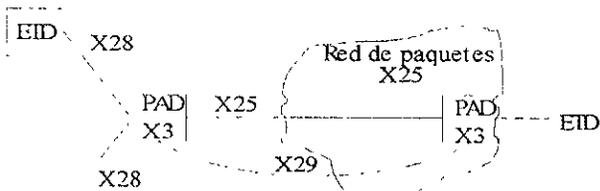
Los estándares de PAD permiten varias configuraciones. La figura 3.1(a) muestra la conexión entre un ETD de usuario que no funciona en modo paquete y un ETD en modo paquete. Nótese que el PAD (X.3) y X.28 sólo son necesarios en el ETD asíncrono. La figura 3.1(b) muestra otro ejemplo muy común: dos ETD asíncronos desean comunicarse entre sí. Ambos utilizan X.3 y X.28. En la figura 3.1(c), muestra un PAD situado fuera de la red, quizá, en la misma oficina de



(A) Un ETD de usuario se comunica con un ETD de paquetes



(B) Comunicaciones ETD-ETD



(C) Un PAD fuera de la red

Figura 3.1 X.25 y PAD

usuario. En este último caso, el PAD aparece como un dispositivo X.25 más desde el mismo punto de la red. X. 29 se utiliza para dar soporte a las comunicaciones entre el PAD y un ETD en modo X.25, o entre dos PAD.

3.2. PAD: formato de paquetes y flujo de paquetes.

El formato del paquete PAD es similar al formato de los paquetes X.25. Se requiere una cabecera de tres octetos, tras la que sigue un campo de control de un octeto y los números y valores de los parámetros del PAD.

Para resumir el PAD, en la figura 3.2 se muestran los estados y las transiciones entre un ETD de usuario y un PAD. Esta figura muestra un establecimiento de llamada y la posibilidad de transferencia de datos del parámetro 6 a 1 (el parámetro 6 se muestra en la figura 3.3). En los estados se realizan las siguientes funciones:

- 1- Activo: El ETD y el ETCD intercambian un 1 por el interfaz.
- 2- Solicitud de servicio: Facultad del PAD para detectar la velocidad de transmisión de los datos y el código que utiliza el ETD y para seleccionar el perfil inicial.
- 3- ETD en espera: El interfaz está en un estado de espera.
- 4- Servicio preparado: Se entra en este estado después de que el PAD transmite la señal de identificación del PAD.
- 5- PAD en espera: El PAD espera señales de datos y de control.
- 6- Orden del PAD: Estado al que se entra desde diversos estados. Permite transmitir órdenes al PAD.
- 7- Conexión en progreso: Estado al que se entra cuando el PAD inicia una conexión con la red.
- 8- Señales de servicio: Autoriza todas las señales de servicio de este estado.
- 9- Transferencia de datos: Permite la transferencia de datos por el interfaz.

10- Espera de órdenes: se entra en este estado para permitir que el ETD reciba órdenes o datos del PAD.

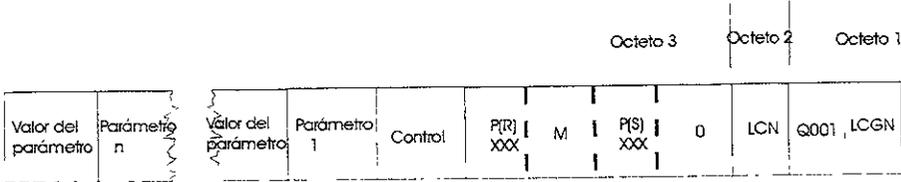


Figura 3.2 Paquetes X.25 PAD

3.3 Parámetros disponibles para establecer y suprimir conexiones.

Existen otros parámetros para establecer y suprimir conexiones, para leer los valores de los parámetros, para restablecer la línea y para forzar una interrupción. En la figura 3.3 se proporciona la lista completa de parámetros.

El parámetro 1 indica si el ordenador del terminal puede, o no, cambiar los parámetros del PAD, a la mitad de una sesión. El parámetro 2 deberá fijarse de acuerdo con el tipo de terminal

Parámetro	Descripción	Valores permitidos
1	¿Podrá el operador del terminal salir del modo de transferencia de datos para inspeccionar o cambiar los parámetros del PAD?	0 No salida prohibida 1 Si salida permitida
2	¿Deberá el PAD devolver caracteres (eco) al terminal?	0 No 1 Si
3	¿Cuáles caracteres podrán hacer que el PAD envíe un paquete parcialmente lleno?	0 Envía sólo paquetes llenos 1 Retorno de carro 126 Todos los caracteres de control + DEL
4	¿Cada cuánto tiempo deberá el PAD enviar un paquete parcialmente lleno si	0 No existe una temporización 1-255 Tiempo en tics de 50 ms

	el terminal permanece inactivo?	
5	¿Puede el PAD (temporalmente) prohibirle al terminal que envíe caracteres?	0 No (modo simple) 1 Si (control de flujo)
6	¿Tiene el PAD permitido enviar señales de servicio al terminal?	0 (suprime las señales) 1 Si (entrega las señales)
7	¿Qué deberá hacer el PAD al recibir una señal de suspensión desde el terminal?	0 Nada 1 Interrumpir 2 Reiniciar 4 Enviar un paquete de control de hostal 8 Salir al modo de comando 16 Desechar salida
8	¿Deberá el PAD desechar información de salida del ordenador, destinada al terminal?	0 No (entregar) 1 Si (desechar)
9	¿Cuántos caracteres de relleno deberá insertar el PAD después de enviarle un retorno de carro al terminal?	0 Ninguno 1-7 Número de caracteres de relleno
10	¿Deberá el PAD ajustar automáticamente la salida para impedir el desbordamiento de línea?	0 No 1-255 Si (longitud de línea)
11	Velocidad del terminal (bps)	0 110 8. 200 1 134.5 9 100 2 300 10 50
12	¿Puede el terminal prohibirle temporalmente al PAD que le envíe información de salida?	0 No 1 Si
13	¿Deberá el PAD insertar un salto de línea, después de un retorno de carro?	0 No 1-7 Vanas condiciones
14	¿Deberá el PAD añadir relleno después de los saltos de línea?	0 No 1 Si (cuántos)
15	Permite el PAD la edición	0 No

		1 Si
16	Selecciona la tecla para borrar un carácter	0-127 carácter
17	Selecciona la tecla para borrar una línea	0-127 carácter
18	Selecciona la tecla para visualizar una línea actual	0-127 carácter

Figura 3.3 Los parámetros de ensamblador-desensamblador del paquete (PAD) (de acuerdo con la norma X.3 del CCITT).

Los parámetros 3 y 4 se necesitan debido a que algunas líneas cobran por cada paquete y no por cada carácter. Si el usuario desea economizar, sólo enviará paquetes completos, ya que cuestan lo mismo que paquetes parciales. Sin embargo, existe el problema de tenerle que notificar al hostal cada vez que se tecléa un retorno de carro, si es que se quiere utilizar inteligentemente un terminal interactivo. Si los caracteres tecléados solo se amontonan en el PAD, en espera de que el paquete se llene, el hostal no reaccionará ante ellos. Por lo tanto se proporcionan algunas opciones para invalidar esta regla de "solo enviar paquetes llenos". El parámetro 3 se puede fijar para obligar el envío del paquete cada vez que se tecléa un carácter de control y el parámetro 4 se puede fijar para forzar el envío del paquete si no se recibe información de entrada, durante un intervalo de tiempo especificado. Dependiendo de la manera como haya sido programado el hostal, se puede hacer que el PAD reúna caracteres, a partir de varios terminales, y los junte en un solo paquete para reducir costes.

El parámetro 5 se utiliza cuando el terminal tiene también una lectora de cinta de papel o cualquier otro equipo de entrada con una velocidad relativamente alta. Cuando este parámetro se fija a 1, el PAD puede iniciar y detener al equipo para regular el flujo. Los caracteres de control DC1 y DC3 del ASCII se utilizan para activar, desactivar, respectivamente. Se puede utilizar el parámetro 6 para impedir que el PAD produzca ciertos informes de estado. Esta opción es muy útil cuando personal no técnico (como los cajeros de los bancos) utilizan el terminal.

El parámetro 7 le indica al PAD qué hacer cuando el usuario teclea un carácter de suspensión. Se pueden combinar varias opciones. El parámetro 8 se puede ajustar para que el PAD deseche la información de salida del ordenador (por ejemplo, después de recibir un carácter de suspensión) y el parámetro 9 se necesita para proporcionar caracteres de relleno a los terminales de salida impresa que los requieran, después de un retorno de carro. Incluso algunos terminales CRT podrían necesitar caracteres de relleno por encima de los 4800 bps.

El parámetro 10 le indica al PAD cual es la longitud de línea de terminal, lo cual permite visualizar correctamente las líneas de salida extremadamente largas. El parámetro 11 selecciona la velocidad. En un futuro, probablemente se añadirán otras velocidades. El parámetro 12 permite que el usuario detenga temporalmente al PAD, utilizando los caracteres DC1 y DC3, por ejemplo, para facilitar la lectura de la pantalla, antes de que la pantalla se deslice hacia arriba y desaparezca de la vista.

Los parámetros 13 y 14 están relacionados con la necesidad que tienen ciertos terminales de un carácter de salto de línea después de un retorno de carro, o de caracteres de relleno después de un salto de línea. Estos parámetros permiten que el usuario le ordene al PAD que inserte los saltos de línea o los caracteres de relleno necesarios.

Los parámetros 15 al 18 permiten que el usuario edite el texto que ya fue tecleado, pero que todavía no se transmitió. Si la edición queda autorizada (parámetro 15), el usuario podrá especificar los caracteres que deberán utilizarse para eliminar renglones y caracteres y para visualizar en pantalla el renglón actual. En el futuro, el CCITT podría añadir nuevos parámetros al PAD, a medida que se fueran necesitando.

4

UTILIDADES

X.25

4. UTILIDADES X.25.

Las principales serán descritas brevemente: Las utilidades se solicitan mediante entradas específicas en el paquete de solicitud de llamada, y se clasifican así:

1. Utilidades internacionales (en la recomendación X.2).
2. Utilidades de ETD especificadas por el CCITT.
3. Utilidades ofrecidas por la red de datos pública fuente.
4. Utilidades ofrecidas por la red de datos pública destino.

4.1 Notificación de la utilidad en línea.

Esta utilidad permite que un ETD solicite otras utilidades u obtenga los parámetros (valores) de las utilidades, tal y como las entiende el ETCD. El diálogo ETD / ETCD tiene lugar con los paquetes de registro y los paquetes indican si el valor de la utilidad puede ser negociado

4.2 Numeración de paquetes extendida.

Esta utilidad permite la numeración de secuencias utilizando módulo 128. En su ausencia, lo que se emplea es el módulo 7. Esta adición de la revisión de 1984 fue muy importante para solucionar los problemas del gran retardo de propagación en canales vía satélite y transmisión por radio a barcos en altamar.

4.3 Modificación del bit D.

Esta utilidad está incluida para tener en cuenta la existencia de ETD previos a la introducción del bit D en 1980. Permite que los ETD realicen aceptación entre extremos.

4.4 Retransmisión de paquetes.

Un ETD puede solicitar la retransmisión de uno o varios paquetes de datos por parte del ETCD. El ETD especifica el número de canal lógico y un valor de P(R) en el paquete de rechazo. El ETCD deberá retransmitir todos los paquetes desde el número P(R) hasta el que iba a transmitir. Esta utilidad es muy similar a la técnica de vuelta atrás de N que se utiliza en los protocolos de línea del segundo nivel del modelo ISA.

4.5 Obstrucción de las llamadas entrantes. Obstrucción de llamadas salientes.

Estas dos utilidades evitan que las llamadas entrantes sean presentadas al ETD y que los ETCD acepten llamadas salientes de los ETD.

4.6 Canal lógico unidireccional entrante. Canal lógico unidireccional saliente.

Estas dos utilidades restringen el canal lógico sólo a las llamadas de salida o sólo a las llamadas de entrada. Son muy similares a la obstrucción de llamadas entrantes y salientes, excepto porque se pueden aplicar a cada canal

4.7 Tamaños por defecto no estándar de paquetes.

Permite la selección de los tamaños por defecto de los paquetes que soporta la red. Para la negociación del tamaño de los paquetes se utilizan paquetes de registro

4.8 Tamaños por defecto no estándar de ventanas.

Esta utilidad permite ampliar los tamaños de ventanas (P(R), P(S)) a un valor mayor de 2 para todas las llamadas.

4.9 Asignación de clases de velocidad de transmisión por defecto.

Esta utilidad permite la selección de una de las siguientes posibles velocidades de transmisión (en bits/s): 75, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 48000. Pueden negociarse otros valores.

4.10 Negociación de parámetros de control de flujo.

Esta utilidad permite negociar los tamaños de ventana (P(R), P(S)) en cada llamada. A menudo, el ETD sugiere la ventana y los tamaños de los paquetes durante el establecimiento de llamadas. Algunas redes requieren que esos parámetros sean los mismos para los ETD.

4.11 Negociación de la clase de velocidad de transmisión.

Permite negociar las velocidades de transmisión para cada llamada.

4.12 Grupos cerrados de usuarios (CUG).

Existe un conjunto de utilidades que permiten a los usuarios formar grupos de ETD, el acceso a los cuales está restringido. La utilidad CUG es una forma de dotar a las redes públicas de seguridad / intimidad. Dicha utilidad tiene varias opciones, como el acceso en un solo sentido, entrante o saliente. LA estación que llama suele especificar el grupo cerrado de usuarios en los campos de utilidad del paquete de solicitud de llamada. Si la estación llamada no es un miembro del grupo, la llamada es rechazada por la red

CONCLUSIONES.

Como podemos ver, la norma X.25 es la base de las "Redes de Conmutación de Paquetes". Su estricto control de errores lo hacen muy confiable, ya que, nos da la certeza de que la información que enviemos o recibamos al pasar por todo el proceso de la red, será la original, y aquellos servicios que rentemos serán de gran calidad. Este proceso de control es muy restringido, tomando en cuenta todas las posibles causas de error y su solución inmediata para cada una de ellas, para aquellos errores de alto grado, existen soluciones drásticas como lo es el reinicio de todo el sistema.

Este estricto control es de extremo a extremo, es decir, del llamante al llamado, sin embargo este excesivo trabajo de verificación hacen que nuestro sistema sea lento para la transmisión de información y así tenemos una gran desventaja, ya que cada respuesta tiene un tiempo de espera y de no ocurrir en el lapso permitido, con certeza sabremos que reiniciará la secuencia de comunicación, hasta que está sea la adecuada.

Como se pudo observar en el capítulo referido a las capas de X.25 la información que se aportó fue la más sencilla y entendible, pues cada capa está relacionada y como en todo sistema, el funcionamiento de cada una, está ligada con la otra, diferenciando y remarcando sus características, cabe hacer notar que existen capas de nivel superior, y para el funcionamiento de estas existen otras recomendaciones fuera de X.25, pero que son necesarias para eficiencia de acuerdo a los requerimientos de cada usuario.

Para complementar la conexión entre usuarios que se encuentran fuera del sistema X.25, necesita de un PAD, este se trato en el ultimo capítulo manifestando sus características , el papel empleado en X.25, el ensamblaje y desensamblaje de paquetes de datos y como todo dispositivo necesita de parámetros, el PAD no

ANEXOS

Conclusiones.

fue la excepción, y las recomendaciones que utiliza para su óptimo funcionamiento se encuentran en los anexos correspondientes.

Varios países en América Latina han desarrollado o están en vías de desarrollar redes públicas de datos, que utilicen la tecnología de conmutación de paquetes, según la recomendación X.25 del CCITT, para construir la interconexión entre un DTE y un DCE. La Red Pública de Transmisión de Datos México, TELEPAC, ha nacido como un apoyo a la teleinformática, ofreciendo servicios más confiables con un alto grado de disponibilidad. Se pretende reducir los costos por concepto de transporte flexibilizando y favoreciendo la optimización de los recursos teleinformáticos nacionales: Se pretende que con el uso de las redes, terminales y usuarios de computadores compartan al mismo tiempo una red común para conseguir los objetivos mencionados.

Las ventajas que presenta el sistema, son las funciones que puedan compartir los usuarios como lo son: capacidad de conjunto; dispositivos especiales; líneas de comunicación ; sistemas y programas; bancos de datos; cargas de trabajo; programas de biblioteca. Como todo servicio público, X.25 tiene tarifas, y la variación de estas no depende de la longitud de enlace, sino de otros factores como: el tipo de servicio requerido; la duración de la conexión lógica; el volumen del tráfico de mensajes; la velocidad de transmisión empleada y el cargo mensual o fijo.

En la actualidad X.25 todavía es utilizado, pero la innovación y creación de nuevos sistemas de redes, hacen que las empresas opten por otro tipo de red, de acuerdo a las necesidades de cada una, ya sea por el tamaño de la información, la velocidad de transmisión y algo muy importante que es el costo de la red, no dejando atrás lo que es la compatibilidad y actualización. Sin embargo hay que hacer notar que X.25 es una de las bases de las redes actuales.

ANEXO 1**X.3.**

X.3 define un conjunto de 22 parámetros que son utilizados por el PAD para identificar y dar servicio a los terminales que se comunican con él. Cuando se establece una conexión entre un ETD y un PAD, los parámetros del PAD sirven para determinar cómo se comunica el PAD con el terminal de usuario. El usuario puede alterar los parámetros después de su conexión al PAD. Cada uno de los parámetros consiste en un número de referencia y un valor. La tabla 5.1 explica los parámetros y los números de referencia, ya que muchas veces no son sencillos de interpretar. Algunos ejemplos que explican cómo se podrían utilizar los parámetros PAD son:

- Parámetro 3=0 Indica al PAD que debe enviar un solo paquete
- Parámetro 3=2 Indica al PAD que debe enviar un paquete después de que el terminal envíe el carácter de retorno de carro.
- Parámetro 6=1 Un terminal de usuario desea recibir las señales de servicio del PAD
(se utiliza a menudo en el diagnóstico de problemas).
- Parámetro 7=1 Cuando recibe del terminal un carácter de interrupción (break), el PAD envía un carácter de interrupción al ETD receptor.

Número de referencia de parámetro X.3	Descripción	Valores
1 Llamada al PAD	Paso del modo de transferencia al modo de órdenes	0 No permitido 1 Carácter DEL 32-125 Caracteres definidos por el usuario
2 Eco	Controla el eco de los caracteres enviados por el terminal	0 Eco 1 Eco (por defecto)
3 Envío de datos	Define los caracteres	0 Sólo paquetes completos

	que serán interpretados por el PAD como la señal de envío de datos	<p>1 Alfanuméricos</p> <p>2 Retomo de carro (por defecto)</p> <p>4 ESC, BEL, ENQ, ACK</p> <p>6 Retomo de carro, ESC, BEL, ENQ, ACK</p> <p>8 DEL, CAN, DC2</p> <p>16 ETX, EOT</p> <p>18 Retomo de carro, ETX, EOT</p> <p>32 HT, LT, VT, FF</p> <p>126 El resto de los caracteres de las columnas 1 y 2 del alfabeto internacional 5 (IA5)</p>
4 Retardo de temporizador de libre	Selecciona un intervalo de tiempo de actividad de terminal como señal para enviar datos	<p>0 Sin temporizador</p> <p>1-255 Valor del retardo en veinteavos de segundo</p>
5 Control de dispositivo auxiliar	Permite que el PAD controle el flujo de datos de terminal mediante caracteres X-ON/X-OFF	<p>0 No operativo</p> <p>1 X-ON (DC1)/X-OFF (DC3) – Transferencia de datos</p> <p>2 X-ON (DC1)/X-OFF (DC3) – Transferencia de datos y órdenes</p>
6 Señales de servicio de control de PAD	Permite al terminal recibir mensajes del PAD	<p>0 No hay señales de servicio</p> <p>1 Transmitir señales de servicio</p> <p>5 Transmitir señales de servicio e indicadores textuales</p> <p>8-15 señales de servicio de formato independiente de la red</p>
7 Operación del PAD a la recepción de una señal de interrupción del ETD	Define la operación del PAD al recibir una señal de interrupción del terminal	<p>0 Ninguna acción</p> <p>1 Paquete de interrupción</p> <p>2 Paquete de reinicialización</p> <p>4 Indicación de interrupción</p> <p>5 Interrupción e indicación de interrupción</p> <p>8 Salir del estado de transferencia</p>

		de datos 16 Descartar la salida para arrancar/detener el ETD 21 1 + 4 + 16 combinados
8 Descartar la salida	Controla el descarte de los datos pendientes de la salida del terminal	0 Envío normal de datos 1 Descartar la salida para arrancar/detener el ETD
9 Relleno a continuación de un retomo de carro	Controla la inserción por parte del PAD de caracteres de relleno después de haber enviado al terminal un retomo de carro	0 Ningún relleno 1-7 Número de caracteres de relleno que se insertan
10 Desdoblado de líneas	Especifica si el PAD debe desdoblar la línea que se envía al terminal	0 Sin desdoblado de líneas 1-255 Número de caracteres por línea
11 Velocidad binaria del ETD	Indica la velocidad del terminal	0 110 bit/s 10 50 bits/s 1 134.5 bit/s 11 75/1200 bit/s 2 300 bit/s 12 2400 bit/s 3 1200 bit/s 13 4800 bit/s 4 600 bit/s 14 9600 bit/s 5 75 bit/s 15 19200 bit/s 6 150 bit/s 16 4800 bit/s 7 1800 bit/s 17 56000 bit/s 8 200 bit/s 18 64000 bit/s 9 100 bit/s
12 Control de flujo del PAD	Permite que el terminal controle el flujo de datos transmitido por el PAD	0 No operativo 1 Uso de X-ON (DC1) Y X-OFF (DC3)
13 Inserción de avance de líneas	Controla la inserción por parte del PAD de	0 Ninguno 1 Tras el retomo de carro al ETD

	un avance de línea tras el retomo de carro que se envía al terminal	2 Tras el retomo de carro desde el ETD 4 Tras el retomo de carro enviado como eco 5 Valores 1 + 4 6 Valores 2 + 4 7 Valores 1 +2 +4 (sólo en transferencia de datos)
14 Relleno para avance de líneas	Controla la inserción de caracteres por parte del PAD tras el envió de un avance de línea al terminal	0 Ninguno 1-7 Número de caracteres de relleno que se insertan (sólo en transferencia de datos) 8-255 Extensión opcional
15 Edición	Controla la posibilidad de edición por parte del PAD durante el modo de transferencia	0 No activo 1 Activo
16 Borrado de caracteres	Selecciona los caracteres utilizados para señalar el borrado de caracteres	127 Carácter DEL Otros caracteres del alfabeto internacional número 5 (opcional)
17 Borrado de línea	Selecciona los caracteres utilizados para indicar el borrado de líneas	24 Carácter CAN Otros caracteres del alfabeto internacional número 5 opcional
18 Visualización de una línea	Selecciona los caracteres que se utilizan para indicar la visualización de líneas	18 Carácter DC2 Otros caracteres del alfabeto internacional número 5 opcional
19 Señales de servicio del PAD para edición	Controla el formato de las señales de servicio para edición del PAD	0 No edición 1 Edición desde terminales de impresión 2 Edición desde terminales de visualización 8 Edición utilizando caracteres del

		rango 32-126
20 Máscaras de eco	Selecciona los caracteres que no se envían como eco al terminal cuando está activado el eco (parámetro 2)	0 Eco de todos los caracteres 1 No enviar eco del retorno de carro 2 No enviar eco del LF 4 No enviar eco de VT, HT, FF 8 No enviar eco del BEL, BS 16 No enviar eco del ESC, ECQ 32 No enviar eco de ACK, NAK, STX, SOH, EOT, ETB, ETX 64 No enviar eco de los caracteres de edición 128 No enviar eco de los caracteres de las columnas 1 y 2 del alfabeto internacional número 5 (IA5) ni del DEL
21 Tratamiento de paridad	Controla la generación y comprobación de paridad de los caracteres de/hacia el terminal	0 Sin detección ni generación de paridad 1 Comprobación de paridad 2 Generación de paridad 3 Valor 1 +2
22 Espera de una nueva página	Especifica el número de líneas que se muestran a la vez	0 Sin espera de página 1 Número de caracteres de avance de línea antes de detener la presentación y esperar una nueva página (valor obligatorio); otros valores opcionales

Tabla 5.1 Parámetros del PAD

X.28.

Este estándar define los procedimientos para controlar el flujo de datos entre los terminales de usuario que no utilizan el modo paquete y los PAD, Tras la recepción de la orden de conexión inicial del ETD de usuario, el PAD establece la conexión y proporciona servicios de acuerdo con el estándar X 28 En la tabla 5.2, el ETD de usuario entrega al PAD diversas órdenes X 28, que sirven para solicitar

una llamada virtual a un ETD remoto. El PAD se responsabiliza de transmitir el paquete apropiado de solicitud de llamada X.25. La tabla resume procedimientos de:

- Establecimiento de trayectoria.
- Inicialización de servicio.
- Intercambio de datos.
- Intercambio de información de control.

Formato de orden de PAD	Descripción
STAT	Solicita información del estado de una llamada virtual conectada al ETD
CLR	Libera una llamada virtual
PAR? (parámetros)	Solicita los valores actuales de los parámetros especificados
SET? (parámetros)	Solicita el cambio o la inicialización de los valores de los parámetros especificados; Solicita los valores actuales de los parámetros especificados
PROF (identificador)	Da a un PAD un conjunto estándar de valores de parámetros
RESET	Reinicializa la llamada virtual
INT	Transmite un paquete de interrupción
SET (parámetros)	Establece o cambia los valores de los parámetros
Seleccionar PAD	Establece una llamada virtual

Tabla 5.2 Señales de Orden de PAD

X.28 requiere que el PAD devuelva una respuesta cuando el terminal le envía una orden (las respuestas se pueden ver en la tabla 5.3). Especifica también dos perfiles que deben definirse para dar servicio al ETD de usuario. El perfil transparente significa que el servicio del PAD es transparente a ambos ETD; es decir, los ETD “piensan” que están unidos mediante una conexión virtual directa. En esta situación, el ETD remoto es responsable de realizar algunas funciones del PAD, como la comprobación de errores. El perfil simple hace uso de la definición completa del estándar X.3 y de las funciones de los parámetros para dar servicio a las solicitudes de los ETD de usuario.

Formato de servicios del PAD	Descripción
Avance de línea	Aceptación de una señal de ordenes
COM	Indicación de llamada conectada
RESET DTE	El ETD remoto ha reiniciado la llamada
RESET ERR	La llamada ha sido reiniciada debido a un error en un procedimiento local
RESET NC	La llamada ha sido reiniciada debido a congestión de red
ERROR	La orden al PAD es errónea
PAR (n:n)	Respuesta a las órdenes de lectura o modificación; N indica el número de parámetro y su valor en decimal
PAR (n:INV)	Respuesta a una solicitud no válida de modificación de parámetro en órdenes de modificación o de lectura y modificación de parámetros del PAD
ENGAGED	Respuesta a una orden del PAD “STATUS” cuando ya se ha establecido una llamada
FREE	Respuesta a una orden del PAD “STATUS” cuando no se ha establecido una llamada

Tabla 5.3 Señales de servicio del PAD

X.3 proporciona a los usuarios la flexibilidad de poder diseñar "a medida" características adicionales de un terminal concreto. Para ello se utiliza la señal PROF PAD. La orden PROF se podría utilizar también para algunas compañías suministradoras de redes de paquetes tuvieran flexibilidad adicional para configurar un PAD de forma que pueda dar soporte a interfaces de más protocolos.

Una orden y señal de servicio típicas de X.28 podrían ser:

SET 3:0, 6:1

Que significa poner a cero el parámetro número tres del PAD, y a uno el parámetro número seis.

X.29.

Este estándar se ocupa del intercambio de información entre el PAD y la estación remota durante una llamada X.25. En el contexto de X.29 estación remota se refiere bien a un PAD o a un ETD X.25. X.29 permite el intercambio de información en cualquier momento, tanto durante la fase de transferencia de datos como durante cualquier otra fase de una llamada virtual.

La secuencia del bit Q de X.25 controla ciertas funciones de X.29. El bit Q (bit de datos cualificados) es un bit de la cabecera del paquete de datos. Se utiliza para que el ETD remoto distinga entre los paquetes que contienen datos de usuario (Q=0) y los que contienen información de control de PAD (Q=1). X.29 resulta de gran utilidad cuando un computador requiere intercambiar los parámetros operativos de X.3 con los terminales a él conectados. Enviando un paquete de control X.29 a un PAD (con Q=1), el computador puede "reconfigurar" las estaciones de trabajo conectadas a él.

X.29 define siete mensajes de control, que se denominan mensajes PAD. Estos mensajes son:

Establecer (set):	Cambia un valor de X.3.
Leer (read):	Lee un valor de X.3
Establecer y leer:	Cambia un valor de X.3 y solicita al PAD que confirme el cambio.
Indicación de parámetros:	Se devuelve en respuesta a las órdenes anteriores.
Invitación a liberar:	Permite la liberación de la llamada X.25 por parte del ETD remoto; el PAD libera al terminal local.
Indicación de interrupción:	El PAD indica que el terminal ha enviado una interrupción.
Error:	Respuesta a un mensaje inválido del PAD.

X.75.

X.25 está diseñado para la comunicación de usuarios por una sola red. Sin embargo, muchas veces es necesario que usuarios pertenecientes a dos redes distintas se comuniquen para compartir recursos e intercambiar datos. X.75 ha sido diseñado para este fin. También puede emplearse dentro de una misma red para interconectar los conmutadores de paquetes.

El objetivo de X.75 es permitir la interconexión de redes basadas en X.25. Intenta servir de puente para el usuario que intente comunicarse con otro usuario a través de diversas redes. Este estándar supone que las redes utilizan procedimientos X.25.

La figura 5 muestra la forma de operar de X.25 y X.75. Un usuario de la red C se conecta a un PAD y establece una sesión X.25 con la red. La red C reconoce que el usuario X desea comunicarse con el ETD Z perteneciente a la otra red. Tras una serie de arreglos previos, la red C establece una sesión lógica con la red X.25 a la que pertenece el usuario Z. LA red B completa la conexión entre el ETD X y el ETD Z estableciendo una sesión X.25 con el usuario Z. X.75 es transparente a los usuarios; los PAD y los interfases ETD-ETCD siguen siendo X.28 o X.25, respectivamente.

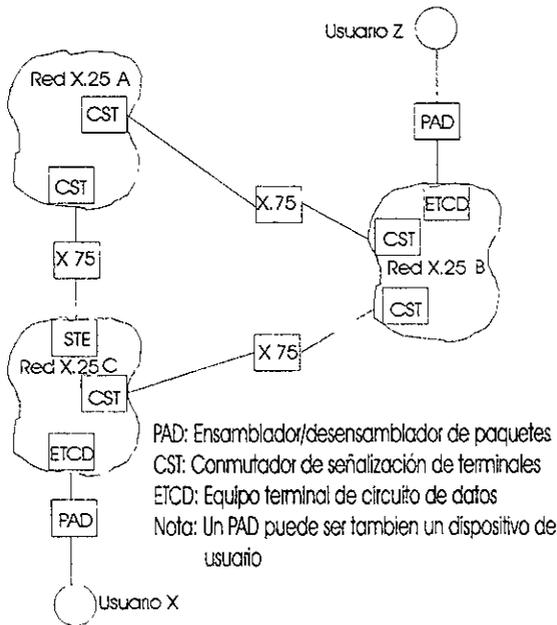


Figura 5. Interconexión de redes X.75

ANEXO 2.

GLOSARIO DE TÉRMINOS.

C:	Control.
CCITT:	Consejo Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía.
CST:	Conmutador de señalización de terminales.
DCE:	Equipo terminal de circuito de datos.
DM:	Desconectar modo.
DNIC:	Data Network Identification Codes
DSC:	Desconexión.
DSE:	Central de comunicación de datos.
DTE:	Equipo terminal de datos.
ETCD:	Véase DCE.
ETD:	Véase DTE.
FRMR:	Rechazo de trama.
GFI:	Identificador General de Formato
HDLC:	(High Level Data Link Control) de ISO. El LAP B permite que ambas estaciones que se comunican posean igual iniciativa para emitir mensajes, por lo que requiere un medio full-dúplex proporcionado por el nivel físico.
t:	Indicación.
Flag:	Identificador de inicio. formado por 8 bits, indica el inicio y fin de una trama y, además, tiene como objetivo la sincronización del receptor.
LAPB:	Protocolo de acceso del eslabón equilibrado.
LCN:	Número de control lógico.
MLP:	(Multi Link Procedure).
N(R):	Número de recepción
N(S):	Número de envío.
NTN:	Network Terminal Number
N1:	Longitud máxima de la trama
N2:	Número máximo de retransmisiones de una trama.

PAD:	Ensamblador desensamblador de paquetes.
PLP:	Packet Layer Protocol.
P(R):	Números de recepción.
P(S):	Números de envío.
PVC:	Circuito virtual permanente.
R:	Recepción de datos.
REJ:	Rechazo.
RNR:	Receptor no preparado.
RR:	Receptor preparado.
S:	Envío de datos.
SABM:	Activar modo asíncrono equilibrado.
SARM:	Activar modo de respuesta asíncrono.
SLP:	(Single Link Procedure).
T:	transmisión.
UA:	Asentimiento no numerado.
VC:	Llamada virtual.
X.21:	Se utiliza para el acceso a redes de comunicación digital (similares a los de telefonía digital).
X.21 bis:	Se emplea para el acceso a través de un enlace punto a punto (similares a RS-232 en modo asíncrono).

Recomendaciones de la serie "X".

Serie	Propósito
X.1	Clases de servicios en PDN's a usuarios internacionales
X.2	Facilidades en PDN's de uso internacional.
X.3	Facultad de ensamblado / desensamblado en paquetes (PAD)
X.10	Categorías de acceso por parte de los equipos terminales de datos (ETD) a los servicios públicos de transmisión de datos

- proporcionados por redes de datos públicas y / o redes digitales de servicios integrados a través de adaptadores de terminal.
- X.20 Interconexión entre DTE y DCE para servicios de transmisión ST/SP en PDN's.
- X.20 bis Interconexión compatible V.21 entre DTE y DCE para operación sincrónica en PDN's.
- X.21 Interconexión de propósito general entre DTE y DCE para operación sincrónica en PDN's
- X.21 bis Uso de DTE's, en PDN's, que son diseñadas para interconectarse con módems sincrónicos de la serie V.
- X.24 Lista de definiciones para circuitos de intercambio entre DTE y DCE en PDN's.
- X.25 Interconexión entre DTE y DCE para terminales operando en el modo de paquetes, en PDN's.
- X.26 Características eléctricas para circuitos de intercambio no balanceados para uso general, con equipos de circuitos integrados en el campo de las comunicaciones de datos.
- X.27 Ídem X.26, pero para circuitos balanceados.
- X.28 Interconexión DTE/DCE para una DTE en modo ST/SP accediendo a un PAD en una PDN situada en el mismo país
- X.29 Procedimientos para el intercambio de información de control y datos de usuario, entre un DTE en modo de paquetes y un PAD.
- X.75 Interconexión entre PDN's operando bajo X.25 (gateway) o compuertas de pasaje.
- X.92 Conexiones hipotéticas de referencia para una red de datos pública sincrónica.
- X.96 Señales de llamada en progreso en redes de datos públicas.
- X.121 Sistema de numeración universal para PDN's. Cada país tiene asignado códigos de identificación de 4 dígitos.
- X.213 Definición de servicio de red para la interconexión de sistemas abiertos (ISA) para las aplicaciones del CCITT.

X.224 Especifica el PROTOCOLO de la capa de TRANSPORTE.

Definiciones y Mnemónicos

Asíncrono.: Un modo de transmisión de datos en el cual el tiempo en el que la llegada de los bits en cualquier caracter o bloque de caracteres se ciñe a un tiempo de trama fijo, pero el inicio de cada caracter o bloque de caracteres no esta relacionado con este tiempo fijo de trama.

Ancho de Banda: Una medida de la capacidad de transporte, o tamaño de un canal de comunicaciones. Para un circuito analógico el ancho de banda es la diferencia entre la mayor y la menor frecuencia en la que un medio puede transmitir y esta expresada en Hz.

Banda Ancha: Facilidad de transmisión con un ancho de banda mayor que el disponible en las comunicaciones de voz (64 kbps). El término banda ancha se utiliza a veces para denotar equipos por encima de los niveles T1/E1.

CCITT: Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía. Cuerpo de Estándares Internacionales que hace recomendaciones a fabricantes y operadores en equipos de redes de telecomunicaciones. Esta organización de estándares es ahora conocida como ITU (Unión Internacional de Telefonía), aunque muchos estándares ampliamente en uso se refieren a ella todavía con la designación CCITT.

Circuito virtual: Porción de un trayecto virtual utilizado para establecer una conexión virtual simple entre dos puntos de terminación.

DTE: El DTE, Equipo terminal de datos, es el equipo que introduce los datos en la línea, pero no se encarga de adaptarlos a sus características físicas, que es una función del DCE

HDLC: Control de enlace de datos de alto nivel. Protocolo software para la Capa 2 del modelo de comunicaciones de siete capas OSI. El HDLC se basa en un conjunto de datos con un campo variable de dirección de 0, 8 o 16 bits. Es un protocolo síncrono e implica la transmisión de una señal de reloj con los datos. El HDLC se utiliza para transmisión punto-punto, redes de difusión, de paquetes y conmutadas.

ISDN: Red Digital de Servicios Integrados. Estándar que define la conversión de redes telefónicas analógicas en una red digital global. La ISDN define servicios de telefonía digital con un flujo de datos a 192 kbit/s mediante dos canales de voz/datos "B" a 64 kbit/s cada uno y uno de señalización a 16 kbit/s.

LAPB: Protocolo de Acceso al Enlace - Canal B. Protocolo estándar para ISDN que define los datos en los 2 canales de voz ("B") de la señal de 192 kbit/s de ISDN.

LAPD: Protocolo de Acceso al Enlace - Canal D. Protocolo Estándar para ISDN que define la señalización en el canal "D" para la señal de 192 kbit/s de ISDN.

Multiplexor: Dispositivo que permite a dos o más señales ser transmitidas simultáneamente en una única portadora o canal.

Receptor: Protocolo serie de datos que transfiere datos en velocidades

SDLC: Control de datos del enlace síncrono. Protocolo software para la capa 2 del modelo OSI de comunicaciones. Está basado en una trama HDLC con una dirección de ocho bits. Como su nombre implica, es un protocolo síncrono lo que supone la transmisión de la señal de reloj con los datos.

STP: Función en la red inteligente que actúa como un punto de transmisión para el procesado de llamadas y señalización. Proporciona encaminamiento alternativo para una llamada y admisión eficiente entre elementos de red.

Trama: Grupo de bits enviados en serie sobre un canal de comunicaciones. Unidad lógica de transmisión enviada entre entidades en la capa de datos que contiene su propia información de control para direccionamiento y control de errores.

Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU): Organización normalizadora antes conocida como CCITT que hace recomendaciones para operadores de telecomunicaciones y fabricantes de equipos. Un punto clave es la interoperabilidad entre equipos y servicios entre operadores y fabricantes.

BIBLIOGRAFÍA.

García, Thomas Jesús, Ferrando Santiago. REDES DE ALTA VELOCIDAD
ED. RAMA

Tanenbaum, S Andrew. REDES DE ORDENADORES
ED. PRENTICE HALL

Stallings, William, DATA AND COMPUTER COMMUNICATIONS
ED. MACMILLAN

Tanenbaum, S. Andrew. COMPUTER NETWORKS
ED PRENTICE HALL

Stallings. William. HIGH SPEED NETWORKS TCP/IP AND ATM DESIGN
PRINCIPLES
ED. PRENTICE HALL

González, Sainz Néstor. COMUNICACIONES Y REDES DE PROCESAMIENTO
DE DATOS.
Mc GRAW-HILL

Black, Ulises REDES DE COMPUTADORES PROTOCOLOS, NORMAS E
INTERFACES
ED. RAMA

Feher. DIGITAL COMMUNICATIONS, MICROWAVE APLICATIONS
ED. PRENTICE HALL

Huidobro, J Manuel. SISTEMAS DE COMUNICACIONES
ED. PARANINFO

<http://jungla.dit.upm.es/rdr/tema2/tema2.html>
<http://www.disc.ua.es/assignaturas/rc/trabajos/rdsi/>