PROGRAMA DE TELEMÁTICA

Ing. Francisco Cano

Facultad de Ingeniería en Sistemas
Escuela de Telemática

1. INTRODUCCIÓN A REDES DE COMPUTADORAS
2. LA CAPA FÍSICA
3. LA CAPA ENLACE
4. SUBCAPA DE ACCESO AL MEDIO
5. LA CAPA RED
6. LA CAPA TRANSPORTE
7. LA CAPA APLICACIÓN

INTRODUCCIÓN A REDES DE COMPUTADORAS

RED DE COMPUTADORAS

Conjunto de computadores autónomos interconectados a través de una subred de comunicaciones.

Red de Computadoras VS. Sistemas Distribuidos

- Sistemas Distribuidos: la existencia de múltiples computadores autónomos es transparente. Las funciones del sistema son automáticas.
- Red de Computadores: Las funciones del sistema son invocadas por el usuario, se conoce

el computador que realiza las funciones.

- Una red de computadoras proporciona la infraestructura para un sistema distribuido.

OBJETIVOS Y VENTAJAS

- Compartición de recursos: software y hardware disponibles al usuario independientes de su localización.
- Alta Confiabilidad: Fuentes de información redundantes.
- Ahorro económico: la relación precio rendimiento es mejor en computadores pequeños. Existe posibilidad de escalabilidad.
- Herramienta de comunicación para empleados y personas en particular: e-mail, videoconferencia, capacitación remota, etc.
- Acceso a facilidades e información de manera remota.
- Redes de computadoras han causado un gran impacto social.

CLASIFICACIÓN DE LAS REDES

Desde el punto de vista de tecnología de transmisión:

Redes de difusión:

- Todas las máquinas de la red comparten un simple canal de comunicación. La totalidad de las máquinas reciben los paquetes, pero por el campo de dirección se determina el destino (una o varias máquinas).
- Multicasting: se tiene subconjuntos de direcciones destino.

Redes Punto a Punto

- Una fuente y un solo destino (pueden haber varias máquinas intermedias).

Desde el punto de vista de cobertura o alcance:

- Computadores paralelos: Hasta 1 metro y de 10 a 100.00 nodos. Muy poca pérdida o corrupción de datos.
- Local Area Network (LAN): 10 m - 1 Km. 10 – 1000 nodos. Alguna pérdida de datos, generalmente es un simple bus de interconexión.
- Metropolitan Area Network (MAN): 1 Km - 10 Km. 100 - 1000 nodos. Más pérdidas de datos, topología irregular, enrutamiento dinámico.
- Wide Area Network (WAN): lO Km - 10.000 Km 1000 -1M nodos. Más pérdidas de datos, topología irregular, enrutamiento dinámico
- Internet: alcance mundial, 100 millones de nodos.

CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES

Redes genéricas: Se especifican características técnicas generales que cumplen con estándares.

- Appletalk
- Ethernet
- Novell Netware -
- SNA
- ATM
- FDDI

Redes Específicas: Pertenecen a una entidad. Características específicas de cada una de ellas pueden ser señaladas.

- ARPANET
- Internet

Redes de Area Local (LANs)

Son redes privadas, localizadas dentro de un edificio o en un campus de extensión de pocos Km.

Se distinguen de otras redes por tres características:

- Tamaño
- Tecnología de Transmisión
- Topología

El tiempo de transmisión en las peores circunstancias es conocido, lo cual facilita su administración.

LANS tradicionales corren a velocidades de 10 a lOO Mbps, teniendo retardos en el orden de décimas de us. Redes LAN últimas funcionan a velocidades mayores a los 100 Mbps.

Varias topologías son posibles para LANs de difusión:

- Bus: en cualquier instante una estación es maestra y puede transmitir. Debe haber un mecanismo (distribuido o centralizado) que resuelva el problema de 2 o más máquinas transmitiendo simultáneamente. Ejm: Ethernet de 10 y 100 Mbps.

- Anillo: Las estaciones transmiten utilizando un permiso o “token” que circula en la red. Solo la estación que mantiene el “token” puede transmitir. Ejm: Token Ring de 4 y 16 Mbps.

Las redes de difusión pueden ser divididas en estáticas o dinámicas, de acuerdo a cómo se asigna la ocupación del canal.

Redes de Área Metropolitana (MANs)

- Es una versión ampliada de LAN y normalmente utiliza tecnología similar, pero los protocolos de transmisión no son los mismos.
- Puede ser privada o pública y puede cubrir varios localidades en una ciudad.
- Puede soportar voz y datos, teniendo la posibilidad de relacionarse con la red de televisión por cable.
- Tiene uno o dos cables y no posee elementos de conmutación lo cual simplifica el diseño.
- Un ejemplo es la red DQDB (Distributed Queue Dual Bus).

Redes de Área Extendida (WANs)

- Abarca una gran cobertura geográfica, por ejemplo un país o un continente.
- Contiene una colección de máquinas para correr las aplicaciones del usuario.
- Los Host (sistemas finales) están conectados por la subred de comunicaciones.
- Los Host se relacionan con las aplicaciones y la subnet con aspectos exclusivos de comunicaciones.

La subnet tiene:

- Líneas de transmisión o circuitos, canales o troncales
- Elementos de conmutación computadores que conectan dos o más líneas. Estos conmutadores son llamados también nodos de conmutación de paquetes, IMP (procesadores intermedios de mensajes), centrales de conmutación de datos o genéricamente ruteadores.
- Los Host de una red pueden estar conectados a una LAN.
- Los ruteadores pueden estar conectados directa o indirectamente.

Funciones del ruteador:

- Recibe los paquetes direccionados a diferentes destinos. Comprueba que cada uno de los paquetes tenga dirección.
- Almacena los paquetes (store)
- Envía los paquetes a otros ruteadores o Host (forward)
- Multiplexación desde varias fuentes hacia un nodo
- Demultiplexación desde una fuente hacía varios nodos.

Una subred con las funciones indicadas del ruteador se llama Punto a Punto, “Store and Forward” o de Conmutación de paquetes.

Topologías de una subnet punto a punto:

- Estrella, anillo, árbol, mallas, irregular.

Topologías de una subnet de difusión

- Bus: canales de acceso múltiple con detección de portadora (CSMA)
- Satélite o radio: canales de múltiple acceso.
- Anillos con transceivers de alta velocidad

Redes Inalámbricas (Wireless Networks)

- Utilizadas para transmitir información desde sistemas en movimiento (auto, avión) o desde donde no existe un cableado fisico. Son diferentes a los sistemas portátiles de computación.
- La tasa de error y la interferencia pueden ser problemas.

ESTRUCTURACIÓN DEL SOFTWARE DE RED

En una red de computadores el software es altamente estructurado. Se estudiará la técnica de estructuración del software.

JERARQUÍAS DE PROTOCOLOS

- La mayoría de redes se organizan en capas o niveles.
- El número de capas, nombre, contenido y función de cada una varia de una red a otra.
- El propósito de cada capa es ofrecer ciertos servicios a las capas superiores.
- Protocolo: reglas y convenciones utilizadas en la comunicación de la capa de una máquina con la correspondiente de otra.
- Procesos Pares (peers): Entidades que forman las capas correspondientes en máquinas diferentes.
- La comunicación entre capas correspondientes es virtual. Cada capa transfiere los datos a su capa - inferior hasta alcanzar el medio físico.
- Interfaz: define los servicios y operaciones primitivas que la capa inferior ofrece a la superior. Se encuentra entre cada par de capas adyacentes.
- Arquitectura de red: Conjunto de capas y protocolos. Debe contener la información suficiente para escribir un programa o construir el hardware correspondiente a cada capa. Los interfaces no forman parte de la arquitectura

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DE LAS CAPAS

Cada capa añade información de control al mensaje que recibe de la capa superior y pasa el conjunto a la inferior, hasta que alcanza la capa más baja, la cual está -en contacto con el medio físico.

En la máquina de destino, cada capa lleva a cabo el proceso inverso sobre los datos recibido.

CARACTERÍSTICAS

- Direccionamiento: Mecanismo de identificación de emisores y receptores.

- Reglas para la transferencia de la información: Simplex, Half duplex, Full duplex

El protocolo debe también especificar el número de canales lógicos que corresponden a la conexión. Puede darse el caso de que se tenga más de 1 canal lógico viajando por un solo canal físico.

- Control de Errores: Total compatibilidad entre los códigos de control de error del emisor y del receptor.
- Secuenciamiento de mensajes.
- Control de Flujo
- Manejo de mensajes de diferente tamaño: Mecanismos para desensamblar, transmitir y ensamblar los mensajes.
- Capacidad de multiplexación: Usar la misma conexión para múltiples comunicaciones no relacionadas.

INTERFACES Y SERVICIOS.

- Entidades: elementos activos de cada una de las capas. Puede ser software y/o hardware. Las entidades de capas correspondientes se llaman entidades pares.
- Las entidades de la capa N implementan un servicio para la capa N + 1, distinguiéndose las capas proveedora del servicio (N) y usuaria del servicio (N±l).
- SAPs: Son los Puntos de Acceso al Servicio, esto es los lugares donde la capa N + 1 puede acceder a los servicios de la capa N. Cada SAP está asociado a una dirección.
- Las capas inferiores pueden proporcionar a las superiores dos clases de servicio:

SERVICIO ORIENTADO A CONEXIÓN

Existe un proceso de establecimiento de la conexión, transferencia de la información y liberación de la conexión. El direccionamiento solo existe en el proceso de establecimiento de

la conexión.

SERVICIO NO ORIENTADO A CONEXIÓN

Cada mensaje es enrutado a través del sistema en forma independiente de los demás, existiendo un direccionamiento en cada uno de ellos. No existe un proceso de establecimiento y liberación de la conexión y los mensajes pueden llegar en desorden.

SERVICIOS Y PRIMITIVAS

Desde el punto de vista de Calidad del Servicio (confiabilidad respecto a pérdida de datos) se puede hablar de 6 diferentes tipos de servicio:

- Flujo de Mensajes confiable: se mantienen los límites del mensaje.
- Flujo de bytes confiables: no se mantienen los limites del mensaje.
- Conexión no confiable: algunos proceso no aceptan la confirmación del mensaje (ejemplo, transmisión de voz digitalizada)
- Datagrama no confiable: se usa en ciertos mensajes cortos donde no interesa establecer una conexión, ni una confiabilidad del 100%, como por ejemplo en correo electrónico.
- Datagramas con confirmación: se utiliza en el caso de requerir un acuse de recibo de los datagramas enviados. -
- Pregunta - respuesta: se envía un datagrama sencillo que contiene una solicitud; la respuesta contendrá una contestación a la misma.

Un servicio es especificado por un conjunto de operaciones llamadas primitivas puestas a disposición de un usuario o de otra entidad para acceder al servicio.

Las primitivas indican al servicio que debe efectuar una acción o notifican la acción tomada por una entidad par.

A las primitivas se las puede clasificar en 4 clases:

- Solicitud: una entidad desea que el servicio realice un trabajo.
- Indicación: una entidad es informada acerca de un evento.
- Respuesta: una entidad desea responder a un evento.
- Confirmación: una entidad va a ser informada acerca de su solicitud.

Los servicios pueden ser confirmados o no confirmados, dependiendo de si cumplen o no con lo anterior.

MODELO DE REFERENCIA ISO

- Creado por la Organización Internacional de Estandarización (OSI).
- Es un modelo para Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), conexión de sistemas heterogéneos.

Características del modelo ISO/OSI:

- Está estructurado en 7 niveles o capas
- La función de cada capa tiende a definir protocolos normalizados internacionalmente.
- No es una arquitectura de red, no específica servicios y protocolos que se utilizarán en cada una de las capas, sólo indica lo que cada capa debe hacer.
- Ninguna de las arquitecturas implementan el modelo OSI en su totalidad actualmente.

CAPA FÍSICA

- Se ocupa de la transmisión de bits a lo largo de un canal de comunicación.
- Provee características mecánicas, eléctricas, funcionales y los procedimientos necesarios para establecer, utilizar y liberar un circuito físico entre dos dispositivos (DTE, DCE, etc.)
- Su unidad de información es el bit

CAPA ENLACE

- Responsable de transformar un medio de transmisión común en una línea sin errores de transmisión para la capa red, estableciendo una conexión lógica entre dos nodos adyacentes de la red.
- Se encarga del control de flujo, mediante un mecanismo de regulación de tráfico.
- Recibe los paquetes de información de la capa Red y los transmite dentro de una TRAMA (“FRAME”).
- Resuelve los problemas causados por daño, pérdida o duplicidad de tramas, así como del direccionamiento y secuenciamiento de tramas.
- Hace su trabajo por cada nodo que atraviesa.

CAPA RED

- Se ocupa del control de la operación de la subred.
- Provee los procedimientos para garantizar que los paquetes de información lleguen del nodo origen al nodo destino sin errores, a través de la subred.
- Realiza funciones de enrutamiento, conmutación, control de flujo y recuperación de fallas de las capa Enlace.
- Resuelve problemas de interconexión de redes heterogéneas.
- Su unidad de información es el paquete.

CAPA TRANSPORTE

- Conocida como la capa HOST-HOST.
- Acepta los datos de la capa sesión, los divide si es necesario y los pasa a la capa Red, asegurándose que lleguen correctamente a su destino.
- Aísla de la capa sesión los cambios inevitables a los que está sujeta la tecnología del hardware.
- Puede multiplexar varias conexiones de transporte sobre la misma conexión de red, cuando hay varios usuarios que quieren transmitir usando el mismo camino.
- Si la conexión de transporte necesita gran caudal, puede crear múltiples conexiones de red, dividiendo los datos entre las conexiones de la red con el objeto de mejorar dicho caudal.
- Se ocupa del establecimiento y liberación de conexiones a través de la subred.
- Realiza un control de flujo de información entre HOST.
- La unidad de información es el mensaje.

CAPA SESIÓN

- Permite que los usuarios de diferentes máquinas puedan establecer sesiones entre ellos.
- Se encarga de la puesta a punto y control del diálogo entre tareas o procesos de usuarios distantes.

- Maneja localizaciones de archivos para la transferencia, establecimiento de puntos de sincronización para comprobaciones intermedias y recuperaciones durante transferencias o actualizaciones.

CAPA PRESENTACIÓN

- Maneja la sintaxis de los datos (formatos, códigos) de manera que éstos sean legibles a los procesos de aplicación.
- Permite manejar estructuras abstractas de datos (representación de los datos a intercambiar entre computadoras) y la conversión de la representación utilizada en el interior del ordenador a la representación normal de la red.
- Se encarga del formato de los datos, pero no de su significado.

CAPA APLICACIÓN

- Contiene una variedad de protocolos que se necesitan frecuentemente.
- Proporciona el interfaz final entre el usuario y la red.
- Provee al usuario cualquier proceso de aplicación que el usuario pueda utilizar. Define por ejemplo el software para terminales virtuales, la transferencia de archivos, el correo electrónico, procesadores de palabras, hojas de cálculo, etc.
- Tiene en cuenta ya no la sintaxis, sino el significado final de los datos.

MODELO DE REFERENCIA TCP/IP

- TCP/IP es una abreviatura de Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet.
- Fue creado originalmente por ARPA (Agencia de proyectos de investigación avanzados) asociada al Departamento de defensa de USA, en la red ARPANET.
- La red Internet utiliza TCP/IP.
- El modelo define 4 capas:

CAPA HOST-RED

No define exactamente las funciones de esta capa. Esta capa debe permitir a un Host conectarse a una red utilizando un protocolo que permita enviar paquetes IP sobre la red. Este protocolo no es definido.

CAPA INTERNET

Permite a los Host entregar paquetes a la red y deja que éstos viajen separadamente hasta su destino (servicio no orientado a conexión).
Define un formato de paquete y un protocolo denominado IP. Las funciones de esta capa son similares a las de la capa Red en el modelo OSI.

CAPA TRANSPORTE

Permite que entidades de igual nivel en el origen y destino de los datos lleven a cabo una conversación. En esta capa se han definido dos protocolos:

- TCP: protocolo orientado a conexión que permite que los datos de una máquina sean entregados sin error a otra.
- UDP (User Datagram Protocol), protocolo no orientado a conexión, que es un protocolo no confiable utilizado en aplicaciones en las cuales es vital la entrega rápida de los datos y no su entrega sin errores. Ejm. Transmisiones de voz y video.

CAPA APLICACIÓN

Consiste de programas de aplicación que usa la red.

Ejemplos: Terminal virtual (Telnet), Transferencia de archivos (FTP), Correo Electrónico (SMTP), Servicio de Dominio de nombres (DNS), Protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) para enlazar páginas de WWW (World Wide Web) y otros.

COMPARACIÓN DE LOS MODELOS OSI Y TCP

- Tienen mucho en común. Se basan en el concepto de una "pila" de protocolos independientes.
- La funcionalidad de las capas es bastante similar.
- OSI hace distinción clara entre servicios, interfaz y protocolos. TCP no lo hace.
- OSI no estuvo dirigido hacia un conjunto particular de protocolos, ya que se concibió antes de que los protocolos fueran inventados. En TCP/IP los protocolos surgieron primero y el modelo fue realmente una descripción de los protocolos existentes, por lo que no es útil para describir otras redes no TCP/IP.
- Una diferencia obvia es el número de capas. Pero ambos modelos tienen las capas Red (Internet), Transporte y Aplicación.
- El modelo 0SI soporta en la capa Red tanto comunicaciones orientadas y no orientadas a conexión, pero para la capa Transporte solo comunicación orientada a conexión.
- TCP/IP tiene solamente un modo en la capa Red (no orientado a conexión). Pero soporta ambos modos en la capa Transporte, siendo importante para protocolos de simple requerimiento-respuesta.

EJEMPLOS DE REDES

NOVELL NETWARE

- Netware agrupa a una serie de sistemas operativos para LAN.
- Admite computadores centrales que trabajen con varios sistemas operativos: DOS, Windows, OS/2 y UNIX.
- Está basada en el modelo cliente-servidor.

- Las capas física y enlace pueden ser escogidas de entre varios estándares de la industria, incluyendo Ethernet, Token Ring, ARCnet.
- La capa red “corre” un protocolo no confiable no orientado a conexión (ínter-red) IPX.
- Sobre IPX está un protocolo de transporte orientado a conexión NCP (Network Core Protocol). NCP proporciona servicios adicionales a más del trasporte. Se dispone de un segundo protocolo SPX, el cual sólo proporciona transporte. TCP es otra opción. La aplicación escogerá cualquiera de ellos.

APPLETALK

- Es una serie de especificaciones que describen las conexiones entre el hardware Apple Macintosh (computadores y periféricos) y las redes de computadores.

- En su inicio aplicó el sistema de cableado propietario Local Talk, pero ahora admite las redes Ethernet Token Ring.

FRAME RELAY

- Originalmente concebida como un protocolo para usado sobre interfaces ISDN.
- Su mayor desarrollo comienza a partir de 1990.
- Proporciona comunicación de datos con conmutación de paquetes, la cual es utilizada a través del interfaz entre dispositivos de usuario (ruteadores, puentes, host) y equipos de red (nodos de conmutación por ejemplo).
- La comunicación entre DTE y DCE puede ser realizada utilizando una red pública o una red privada.
- Como interfaz a red Frame Relay es del mismo tipo que el protocolo *X.25*, sin embargo difiere significativamente en su funcionamiento y formato. Frame Relay es un protocolo de mayor velocidad, facilitando mayor perfomance y mayor eficiencia.
- Proporciona un medio para estadísticamente multiplexar muchas conexiones lógicas (referidas como circuitos virtuales) sobre un simple enlace físico de transmisión. El multiplexaje estadístico proporciona más flexibilidad y uso eficiente del ancho de banda disponible.
- Frame Relay tiene como característica importante el explotar los avances recientes en tecnología de transmisión WAN, los cuales están orientados a enlaces de transmisión digital sobre fibra óptica.
- Incluye un algoritmo CRC para detección de bits errados (así los datos pueden ser descartados), pero no proporciona algún mecanismo de protocolo que pueda corregir datos equivocados.
- Otra diferencia entre Frame Relay y *X.25* es la ausencia de un explícito control de flujo por circuito virtual, el cual es realizado en capas superiores. Solo proporciona un mecanismo simple que permite informar que los recursos de la red están cercanos al estado de congestión.
- Trabaja sobre dos tipos de circuitos: PVCs y SVCs.
- El protocolo de señalización ISDN está propuesto como el medio por el cual DTE y DCE se comunican para establecer, determinar y administrar dinámicamente SVCs.
- Adicionalmente a las funciones básicas para transferencias de datos, se han especificado extensiones LMI (Local Managment Interface) para soportar grandes

y complejas facilidades de interconexión de redes.

Formato de la trama

Bandera 1 byte	Dirección 2 bytes	Datos Variable	FCS 2 bytes	Bandera 1 byte

- Diez de los bits de direccionamiento que difieren la identificación del circuito virtual, forman del DLCI (Data Link Connection Identifier).
- El DLCI permite identificar la conexión lógica que será multiplexada en el canal físico.
- En el modo básico del direccionamiento, los DLCIs tienen significado local; esto es, los dispositivos extremos de una conexión.
- El formato para los mensajes LMI es algo diferente al del protocolo básico Frame Relay.
- Frame Relay puede ser mejor visualizado como una línea virtual dedicada en la que usuarios pueden enviar tramas (paquetes) de hasta 1600 bytes entre 2 puntos de la red.
- Opera sobre circuitos virtuales permanentes a mayores velocidades que X.25 llegando usualmente a velocidades entre 56 kbps y 2 Mbps.

Direccionamiento Global

- Adicionalmente a las características LMI comunes, hay varias extensiones LMI opcionales que son muy útiles en ambientes de interconexión de redes.
- El direccionamiento global a diferencia del local permite la identificación de nodos; los valores incluidos en el campo DLCI tienen un significado global de direccionamiento que permiten identificar dispositivos de usuario final (por ejemplo routers).
- Cada interfaz al ruteador tiene un distinto valor de identificador de nodo, de modo que pueden ser distinguidos dispositivos individuales.

Multicasting

- Permite a un usuario transmitir una trama a diferentes destinos. Se pueden establecer varios grupos de equipos destino, grupos que pueden ser direccionados utilizando determinados valores de DLCI.
- Frame Relay es idealmente adecuada para aplicaciones tales como conexión de redes LAN de alta velocidad sobre redes WAN.

Implementación de la Red.

- Puede ser implementada sobre redes públicas o privadas.
- Un típico medio de implementación de red privada constituyen los multiplexores T1 con interfaces Frame Relay para dispositivos de datos.

RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (ISDN)

Definición

- Red desarrollada desde la red telefónica digital integrada que provee conectividad digital extremo a extremo, para soportar un amplio grupo de servicios, a los cuales los usuarios tienen acceso por un conjunto limitado de interfaces estándares multipropósito.
- ISDN se refiere a un conjunto de servicios digitales disponibles para usuarios finales.
- Involucra la digitalización de la red telefónica de modo que voz, datos, textos, gráficos, música, video y otros, puedan ser proporcionados al usuario final desde un simple terminal de usuario sobre la red telefónica existente.

Servicios

- Portadores (Bearer): son ofrecidos a través de las facilidades de las redes analógicas y digitales, asociadas con el transporte e intercambio de información, independiente de su contenido y aplicación. Ejm. X.25, Frame Relay.
- Teleservicios: ofrecen al usuario una capacidad completa de información, en lo referente a transporte, organización y presentación de la misma, incluyendo las funciones normalizadas de los equipos terminales de usuario. Ejm. videotexto, facsímil, e-mail, etc.
- Suplementarios: modifican o complementan la presentación de un servicio básico (portadores o teleservicios), ofreciendo al usuario facilidades adicionales. Ejm. Marcación abreviada.

Componentes de una red ISDN

- Equipo Terminal 2 (TE2): dispositivos no compatibles a ISDN (terminales, computadoras, etc).
- Adaptador de Terminal (TA): provee compatibilidad ISDN a los dispositivos TE2. Puede ser un hardware independiente o venir como una tarjeta dentro de un

TE2. Si es individual se conectaría al TE2 con un interfaz físico estandarizado, tal como V.24, V.35.

- Equipo terminal 1 (TE1): equipos compatibles con la red ISDN. Se conecta a la red ISDN a través de un enlace digital de 4 hilos de pares trenzados. Ejm teléfono digital ISDN.
- Terminación de red 1 (NT1): el TA y el TE1 son conectados, ya sea a un dispositivo NT1 o NT2. El NT1 es un aparato que conecta los 4 hilos de par trenzado del enlace digital de abonado a su bucle convencional de 2 hilos. ISDN permite que hasta 8 aparatos de terminal puedan ser manejados por un NT1. El NT1 es responsable de las funciones de capa física, proporcionando un interfaz físico normalizado al usuario.
- Terminación de red 2 (NT2): es más inteligente que el NT1 y típicamente se lo encuentra en un PABX digital, conteniendo las funciones del protocolo de capa 2 y 3 y servicios de concentración. Multiplexa 23 canales B + un canal D hacia una línea de 1,544 Mbps, o 30 canales B+ un canal D a un ritmo de 2,048 Mbps.
- El NT1 y el NT2 pueden ser combinados en un solo dispositivo NT12.

Puntos de Referencia ISDN

- Flexibilizan la conexión hacia una red ISDN. Definen los interfaces lógicos entre agrupaciones funcionales tales como entre TA y NT1. Se establecen los siguientes:
    - R entre TE2 y TA
    - S entre TE1 y NT2
    - T entre NT2 y NT1
    - U entre NT1 y equipos de Terminación de Línea (LT)

Modos de operación (Interfaces)

- Interfaz de velocidad básica (BR1): a través de los 2 hilos con los que se conecta

el TE1 a ISDN se puede disponer de 2 canales B de información (64 kbps cada uno) y un canal D de señalización y control (16 kbps), multiplexados en el tiempo.

El canal D bajo determinadas circunstancias podrá soportar datos. El Interfaz 2B+D se designa como BRI. BRI también considera información de sincronismo lo que establece un ritmo total de 192 Kbps.

- Interfaz de Velocidad Primaria (PRI): consiste del multiplexaje de varios canales B y un canal D en un enlace de mayor velocidad, formando los sistemas 23D+D o 30B+D. Cada uno de los canales B y D transmiten a 64 Kbps.

Capas ISDN

- Básicamente están relacionadas a las 3 primeras capaz del modelo de referencia OSI, siendo desde este punto de vista similar a X.25.

RED DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES

- RED PUBLICA DE DATOS (PDN): Servicio de comunicaciones provisto a usuarios de DTE, quienes pagan por este servicio para transportar datos desde un sistema computacional a otro.
- RED TELEFÓNICA CONMUTADA PUBLICA (PSTN): Tradicionalmente utilizada para transmitir datos a mas de señales de voz. No es una red diseñada para transportar datos.
- Una PDN puede llegar hasta sus usuarios mediante varios tipos de tecnologías de transmisión.
- RED DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES (PSDN): Es una PDN que utiliza la técnica de conmutación de paquetes.
- La conmutación de paquetes es una tecnología de red de datos en la cual los datos de usuario son segmentados en unidades pequeñas (paquetes) y transmitidos desde un origen hasta un destino por medio de canales de comunicación compartidos.
- El backbone de una red de conmutación de paquetes es un conjunto de nodos o conmutadores interconentados entre si.

- Una PSDN consta de 5 tipos de componentes:
  - Componentes de Acceso Local (LAC: Local Access Components).
  - Ensambladores y desensambladores de paquetes (PAD: Packet Assembler/disassemblers)
  - Nodos de conmutación de paquetes (PSN: Packet Switching Nodes)
  - Enlaces de red (NL: Network Links)
  - Sistema de administración de red (NMS: Network Management System)

RECOMENDACIONES DEL CCITT PARA UNA RED DE CONMUTACIONES DE PAQUETES

- El CCITT en 1976 emite las Recomendaciones de la Serie X, las cuales ofrecieron un protocolo estándar de acceso a la red.
- Las recomendaciones X.25, X.3, X.28, X.29, X.32, X.75, X.96 y X.121 forman las bases de lo que hoy actualmente la conmutación de paquetes.
- La norma X.25 especifica únicamente el interfaz entre un equipo terminal de datos en modo paquete y un modo de una red de paquetes para acceso a una red publica o privada sobre líneas dedicadas.
- El puerto dentro de la red es referido como DCE, constituyéndose en la frontera entre el usuario y las funciones de la red. Entre 2 HOST conectados a la red existirán dos interfaces DTE/DCE.
- Las principales recomendaciones relacionadas con X.25 son:
  - X.21 bis: Interfaz físico
  - X.1 y X.2: Opciones de usuario en la PSDN
  - X.3, X.28 y X.29: Opciones del DTE
  - X.75: enlaces entre PSDN’s
  - X.121: Direccionamiento al interior de la PSDN
- X.3, X.28 y X.29 establecen el modo en la cual los usuarios de protocolos asincrónicos

pueden lograr conexiones a través de la red X.25

LA RECOMENDACIÓN X.25 DENTRO DEL MODELO OSI

- Conforma las tres primeras capas del modelo OSI. Los niveles superiores tienen únicamente significado en los extremos de la red.
- Cada uno red la PSDN soporta solamente los tres primeros niveles.
- Las interacciones en el interfaz DTE/DCE para los tres niveles OSI tienen los siguientes procedimientos:
  - X.25 de nivel 3: Es el interfaz lógico a nivel de paquete. En este nivel se defienden los formatos de los paquetes y los procedimientos de transferencia de información de control y datos de usuario entre el DTE y el DCE.
  - X.25 de nivel 2: Es el interfaz lógico a nivel de trama. Este nivel se define el proceso de acceso al enlace DTE/DCE que permite el intercambio de datos.
  - X.25 de nivel 1: Define las características mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimiento para la activación y desactivación del medio físico entre el DTE y el DCE. Su unidad de información es el Byte.
- Una red de conmutación de paquetes es implementada sobre canales dedicados y la transmisión de paquetes se efectúa en base a circuitos virtuales.
- Un circuito virtual es una asociación entre un par de DTEs a través de una PSDN y no representa una conexión física entre ellos.

CONEXIONES VIRTUALES EN UNA RED X.25

- Un DTE puede comunicarse simultáneamente con varios DTE a través de una PSDN. La asociación lógica entre la fuente y el destino es realizada en el interfaz DTE/DCE. Diferentes paquetes son multiplexados sobre el mismo enlace DTE/DCE de capa 2.
- La PSDN revisara la cabecera de cada paquete en busca de información de las direcciones de origen y destino, y de acuerdo a ella trazara la ruta de cada paquete.
- Existen dos tipos de circuitos virtuales:

- Conmutados (SVC)
- Permanentes (PVC)

- SVC
  - La red establece dinámicamente la ruta que cause menor retardo.
  - Durante toda la llamada virtual se mantiene un circuito lógico.
  - Un SVC se establece mediante un paquete de “REQUEST”
  - Se acepta la llamada con un paquete denominado de Aceptación.
  - Cualquiera de las partes puede liberar la llamada.
  - Tipos de SVC: Bidireccionales, de entrada, de salida

- PVC
  - Conexión en la que se tiene asociado siempre un único camino dedicado, durante toda una transmisión en particular.

  - La red dispone de una asociación fija entre las dos estaciones mediante la asignación de números de canales lógicos permanentes.

TRANSFERENCIA DE DATOS EN X.25

- X.25 esta en concordancia con la filosofía de OSI.
- El nivel 3 no se ocupa del formato, contenido o significado de los datos de usuario. Su función es empaquetar la información, añadiendo control y direccionamiento.
- El paquete es encapsulado en la trama de nivel 2, que le da seguridad contra errores al atravesar el enlace DTE/DCE.
- El flujo de bits requerido para formar las tramas es provisto por el nivel 1. Este nivel puede informar de errores básicos como circuitos abiertos o fallas de alimentación.

NIVEL 1 DE X.25

- Para que un usuario pueda accesar a una red es necesario el establecimiento de un enlace físico. En general el enlace a los nodos es realizado a través de módems.
- X.25 utiliza para este nivel un conector de 15 pines denominado X.21 y una versión de 25 pines denominada X.21 Bis que coincide con el interfaz RS-232C. Para velocidades superiores suele utilizarse el interfaz V.35.
- Cada uno de estos estándares establece los siguientes parámetros:
  - Tipo de conector
  - Niveles de voltaje de las señales
  - Nombres de las señales y sus funciones
  - Procedimiento seguido por las señales para transportar bits a través de los medios de transmisión.

PROTOCOLO X.25 DE NIVEL 2

- Toma los recursos de transmisión del niel 1 y los transforma en una línea que aparece sin errores para el nivel 2.
- Establece tramas que se transmiten en forma secuencial y en recepción se envían acuses de recibo positivos o negativos.
- Se han establecido dos tipos de procedimientos:
  - LAP (Link Acces Procedure) no es posible enviar una respuesta sin haber recibido un "poleo" en un comando.
  - LAPB (Link Acces Procedure Balanced) cualquier respuesta puede enviarse sin necesidad de esperar un "poleo" y cualquier estación puede asumir el papel de estación de comando (maestro) en el enlace.
- En el nivel 2 de X.25 se transfieren tramas del tipo HDLC mediante el procedimiento definido por LAPB.

Procedimiento Balanceado de Acceso al Enlace (LAPB)

- Se divide en tres fases:
  - Establecimiento del enlace: pedido de emisión mediante una trama de comando y acuse de recibo positivo mediante una trama de respuesta
  - Transferencia de información: se transfieren tramas conteniendo paquetes de datos del usuario.
  - Desconexión del enlace: mediante una trama de comando y esperando una respuesta de desconexión del otro extremo.

Funciones del Nivel 2 de X.25

- Administración del enlace
- Control de errores
- Control de flujo
- Recuperación de fallas

- **Estructura de las tramas X.25**
  - **Bandera delimitadora de la trama X.25**
    - Patrón de 8 bits 01111110 (7EH)
    - Se establece un mecanismo de transparencia o técnica de "relleno de bits"
  - **Campo de dirección y deifican de DTE/DCE virtual**
    - Consta de 8 bits e indica si la trama es un comando o una repuesta
    - Las tramas de información son transmitidas siempre como comandos.
    - Se tienen solo dos direcciones para A y B: 03H y 01H respectivamente.
    - Se define como dirección de trama para un DTE virtual 03H
    - Se define como dirección de trama para un DCE virtual 01H
    - Cuando se emite una trama de comando la dirección debe ser igual a la del otro extremo virtual.
    - Cuando se envía una respuesta, la dirección debe ser igual a la del extremo virtual que emite la trama.

- **Campo de control**

- Consta de 8 bits para modulo 8 y 16 bits en modo extendido (modulo 128)
- Sus funciones son:
  - Identificar el formato y función de la trama
  - Definir la numeración para las secuencias de emisión y recepción de tramas
  - Cualificar comandos y respuestas
- Existen tres tipos de tramas X.25: tramas I, tramas S y tramas U.
- Tramas de información (tramas I)
  - El primer bit del campo de control es OL.
  - Tienen el numero de la trama enviada y el de la trama que espera recibir
  - Su numeración puede ser modulo 8 o 128 (opción)
- Tramas de supervisión (tramas S)
  - Los dos primeros bits del campo de control son 1L y 0L respectivamente.
  - Tienen el numero de la trama que se espera recibir
  - Tres tipos de tramas S: Receive Ready (RR), Receive Not Ready (RNR) y Reject (REJ).
- Tramas no numeradas (tramas U)
  - Los dos primeros bits del campo de control son 1L
  - Describen el modo de operación del enlace
  - No realizan ningún conteo de secuencias y no contienen el campo de información con excepción de la trama FRMR
  - Tipos: SABM, DISC, DM, UA, FRMR.
- Campo de información

- Aquí se deposita el paquete de datos del nivel 3.
- Las tramas I contendrán un solo paquete de datos, mientras que las tramas S y U no contendrán este campo, excepto en el caso de las tramas FRMR

- Campo de Secuencia de revisión de la trama (FCS)
  - Tiene 2 octetos
  - Es transmitido en todo tipo de trama
  - En base a un proceso CRC determina la presencia o no de errores sobre los campo de dirección control e información

- **X.25 PROCEDIMIENTO DE TRANSFERENCIA DE DATOS EN TRAMAS**

  ─ Establecimiento del enlace:

    - Trama SABM o SABME
    - Trama UA (si esta listo) o DM (no esta listo)

  ─ Transferencia de información:

    - Tramas I con N(S) y N(R)
    - Trama RR si DCE no tiene información a enviar

  ─ Desconexión del enlace:

    - Trama DISC y se activa temporizador T1
    - Se recibe trama UA y se detiene temporizador
    - Si no se recibe UA y expira T1, se retransmite DISC según N2
    - Se debe emitir tramas DISC con bit P = 1, para que respuesta DM no sea entendida como un pedido de conexión.

- **MANEJO DE CONDICIONES DE ERROR EN EL NIVEL 2**

  ─ Se utiliza el temporizador T1 y el reenvío de la trama de comando tantas veces como lo indica el parámetro N2.

  ─ Si se recibe una trama RR de respuesta, el proceso de transferencia es reanudado.

  ─ Si se reenvían N2 tramas sin acuse de recibo se declara que el enlace esta abajo (link down), y se reinicializará el enlace.

  ─ Si una trama I llega con un FCS erróneo, no se emite acuse de recibo para permitir que el proceso T1/N2 obligue la retransmisión.

  ─ Si se reciben tramas fuera de secuencia se enviara tramas REJ.

  ─ Las tramas FRMR se emiten al recibir una trama con un CRC correcto (el error es en el emisor y una retransmisión seria inútil). Se deberá reinicializar el enlace.

PROTOCOLO X.25 DE NIVEL 3

- Especifica los procedimientos de establecimiento, mantenimiento y liberación de circuitos virtuales entre DTEs sobre un enlace.
- La dimensión de los paquetes comúnmente es de 128 bytes, pero la mayoría de redes permite entre 16 hasta 4096 bytes.
- Establece una relación entre canales físicos, lógicos y circuitos virtuales.
- Canal físico: medio utilizado entre el usuario o FEP y el primer nodo de la red X.25 a la cual se conecta.
- Canal lógico: definido en el nivel de enlace como el medio por el cual se transfieren los datos en forma bidireccional (full duplex). Cada PAD, FEP, Nodo X>25 o terminal operando en modo paquete dispone de varios canales lógicos, como recursos para establecer circuitos virtuales.
- Circuito Virtual: arreglo de conexiones lógicas que establecen una ruta para los paquetes de datos a través de una red X.25.
- Una conexión entre dos usuarios de la red tiene dos enlaces lógicos con la nube X.25, por lo que un circuito virtual tendrá 4 canales lógicos (dos por cada enlace).
- Se establece que los DTE virtuales seleccionan, para formar un circuito virtual, el canal lógico de mas alta numeración, en tanto que el DCE lógico selecciona el de mas baja numeración.
- Cuando se ha asignado números de canales lógicos a una llamada, entonces se tendrá establecido un circuito virtual entre DTEs.
- Para los PVCs la asignación de canales lógicos será fija y si en el mismo equipo se tienen SVCs los canales lógicos serán asignados de forma dinámica empezando desde una numeración inmediata posterior.

FORMATOS Y TIPOS DE PAQUETES X.25

- Los paquetes X.25 tienen dos campos bien definidos: la cabecera y el campo de datos.
- Cabecera del paquete X.25
  - Tiene una extensión de 3 bytes: GFI + LCI (LCGN+LCN)+PTI
  - Identificador general de formato (GFI):

- Bit de cualificación o bit Q: si Q=0L datos de usuario; Q=1L comandos X.29 ara control del PAD al cual esta conectado el DTE
- Bit de liberación o bit D: si D=1L define acuse de recibo local y D=0L para acuse de recibo remoto en los paquetes de datos. Otros paquetes 0L
- Modulo o numero de secuencia (2 bits) si son 01 los contadores de secuencia operan en modulo 8 y 10 para modulo 128

— Identificador de canal lógico (LCI):
- Identifica el circuito virtual del paquete
- Se divide en dos campos de 4 y 8 bits (LCGN Y LCN)
  - LGCN (numero de grupo de canal lógico): 16 grupos numerados de 0 a 15
  - LCN (numero de canal lógico): 256 canales lógicos numerados de 0 a 255
- Se podría tener hasta 4095 llamadas simultaneas (canal lógico 0 es reservado para operaciones de diagnósticos y Restart).

— **Identificador del tipo de paquete:**
- En los paquetes de datos contiene la identificación de las secuencias P(S) y P(R), el indicador de mas datos (Bit M). El ultimo paquete tiene el bit M=0
- En los paquetes RR, RNR y REJ incluye P(R) para acuse de recibo
- En el resto de paquetes solo identifica su tipo

— **En algunos paquetes existe un formato de cabecera extendida:**
- Campo de direccionamiento de DTE (o de red)
- Campo de recursos de usuario
- Campo de datos de llamada de usuario

- **Campo de datos del paquete X.25**

— Esta presente en el paquete de datos y en algunos otros tipo de paquetes.

MODOS DE DIRECCIONAMIENTO DE REDES X.25

- El campo LCI sirve para identificarlos de DTEs destinos, únicamente en la fase de transferencia de datos. Si la conexión es conmutada, se requiere la identificación DTEs y destino en los paquetes de establecimiento de llamada

- La recomendación X.121da el formato de direccionamiento:

(P)	+	(DNIC)	+	(NTN)
1 dígito		4 dígitos		hasta 10 dígitos
(P)	=	Prefijo internacional		
(DNIC)	=	Código de identificación de la red de datos		
(NTN)	=	Numero de terminal de la red		

  - Los dígitos finales de NTN suelen ser utilizados como subdirecciones en algunas redes. Los campos de subdirección indican los puertos específicos del suscriptor en caso de que tenga un equipo de varios puertos (Ej. PAD) o un recurso de la red (Ej. dirección de control)

- El paquete de Call Request debe contener la dirección del DTE destino, mientras que la dirección del DTE origen es opcional
- La combinación de las direcciones origen y destino deben completar siempre un octeto, caso contrario deberá ser contemplado por ceros.
- Cada octeto puede contener dos dígitos hexadecimales de la dirección.
- En redes privadas X.25 se suele dividir la red en varias áreas; cada área puede contener 1 o mas nodos. Estas áreas pueden ser divididas en subáreas.
- El numero de dígitos necesarios para el campo de dirección dependerá del numero de áreas y subáreas y del numero máximo de nodos que contengan las subáreas.
- Los dígitos mas significativos identificara el área a la cual pertenece el puerto del usuario, lo siguientes dígitos identificaran las subáreas, luego el nodo. Los dígitos menos significativos pueden identificar finalmente a los puertos dentro del nodo.
- Para direccionar recursos propios de la red, tales como el puerto del terminal de control, agentes controladores de red, usuarios de PADs y otro recursos se utiliza solamente la dirección del nodo y a continuación la subdirección del recurso.

PROCEDIMIENTO DE TRANSFERENCIA DE PAQUETES X.25

- Para SVCs se tienen tres fases: Establecimiento de llamada, transferencia de datos y liberación de llamada.

- **Fase de Establecimiento de llamada**
  - DTE envía Call-Request al DTE destino
  - En el extremo del DTE de recepción, el paquete llega como Incoming-Call (se diferencia en el LCI)
  - Si la llamada es aceptada el DTE de recepción emite Call-Acepted.
  - Finalmente DTE origen recibe Call-Conected
  - Se establece el circuito virtual, conociendo la red los LCI de ambos extremos. Para evitar "colisión de llamadas" al DTE origen se le asigna el canal lógico de numeración mas alta y al extremo de recepción el de numeración mas baja.
  - Si el DTE de recepción no acepta la llamada, envía un Clear-Request, que en emisión se manifiesta como un paquete Clear-Indication.
  - DTE origen enviara un Clear-Confirmation
  - Con cada pedido de llamada se inicializa un temporizador.

- **Fase de Transferencia de Datos**
  - Los DTEs de un circuito virtual pueden transferir datos en los dos sentidos.
  - Pueden existir varios paquetes de un mismo mensaje
  - Pueden haber dos acuses de recibo:
    - Local
    - Extremo a extremo o remota (bit D=1L)

  - **Otros procesos involucrados en el manejo de paquetes son:**
    - Control de flujo
    - Recuperación de errores
    - Procedimiento de interrupción
    - Procedimiento de Reset

- **Fase de liberación de llamada:**
  - Solo se da para SVCs
  - Uno de los DTE emite un Clear-Request que en el otro extremo se manifiesta como Clear-Indication
  - El otro DTE responderá con un paquete Clear-Confirmation

LA CAPA FÍSICA

- El propósito de la capa física es ocuparse del transporte de bits a lo largo del canal de transmisión

- **RELACIÓN DE NYQUIST**
  - Para un canal de ancho de banda finito, sin ruido:

    $$R_{max} = 2W \log_2 M$$

    donde: M = numero de niveles de la señal

    W = ancho de banda

- **RELACIÓN DE SHANNON**
  - Para un canal con ruido:

    $$C_{max} = W \log_2 (1+S/N)$$

- **MEDIOS DE TRANSMISIÓN**
  - **Guiados**
    - Medios magnéticos
    - Para trenzado
    - Cable coaxial en banda base
    - Cable coaxial de banda ancha
    - Fibra óptica

- **No guiados**
  - Transmisión por radio
  - Transmisión por microonda terrestre
  - Transmisión con infrarrojos y ondas de luz
  - Transmisión por Satélite

LA CAPA ENLACE

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

1. Servicios proporcionados a la Capa Red

- Transfiere datos de la capa red desde la maquina fuente a la capa red de la maquina destino. La comunicación que se establece entre maquinas correspondientes es virtual.

- Se pueden proporcionar 3 tipos de servicios:

a. Servicios no confiables no orientados a conexión
   - Apropiado cuando el VER es pequeño y para trafico en tiempo real, tal como la voz. Usada en la mayoría de LANS

b. Servicios confiables no orientados a conexión
   - Útil sobre canales no confiables, tales como sistemas inalámbricos.

c. Servicios confiables orientados a conexión
   - En este caso se evita que cuando se pierdan los acuses de recibo se envíe repetidamente una misma trama.
   - Tienen 3 etapas: Establecimiento de la conexión, intercambio de tramas y liberación de la conexión.

2. Framing

- La capa enlace tiene como función detectar y si es necesario corregir los errores generados en el canal de transmisión. Para lo cual la secuencia de bits entregada por la capa l estará organizada en tramas.
- El transmisor y receptor deben saber cuando empieza y termina una trama (sincronismo y delimitación).
- Los caracteres o secuencias de sincronización no deben restringir el uso de caracteres visualizables por la capa superior, debiendo existir un mecanismo de transparencia.
- Métodos básicos de sincronización de trama:

- Cuenta de caracteres
  - Usa un campo en la cabecera que especifica el numero de caracteres en la trama, conociendo así la capa enlace del receptor la longitud exacta de la trama
  - Se generan problemas si se introducen errores en la cuenta, y aun si el receptor verifica que el "checksum" es incorrecto (por tanto la trama errada), no habrá forma de indicar donde empieza la próxima trama. La retransmisión prácticamente no ayuda a resolver este problema. Por estas razones no es muy utilizado.
- Caracteres de principio y fin con caracteres de relleno
  - Se soluciona el problema de la resincronización después que ha ocurrido un error.
  - Al inicio de cada trama se tiene la secuencia de caracteres DEL STX; se termina con la secuencia DEL ETX.
  - Transparencia se obtiene insertando en el campo de datos un carácter Del antes de la secuencia de caracteres de control (Relleno de caracteres).
  - Desventaja: método muy ligado en general a caracteres de 8 bits, en particular al código ASCII
  - Es mas flexible una técnica orientada al bit, que utilice un numero arbitrario de bits en el campo de datos.
  - La eficiencia del método es baja descendiendo en el peor de los casos al 50%.
  - Utilizado por los protocolos sincrónicos de carácter. Ejemplo: BSC

- **Banderas y relleno de bits.**

  - Cada trama empieza y termina con una secuencia especial de bits 01111110 llamada "bandera"
  - La transparencia se logra insertando (en la estación transmisora) un cero después de encontrar 5 unos seguidos, en cualquier lugar situado entre dos banderas. En recepción se extrae el cero encontrado después de 5 unos consecutivos.
  - Utilizado por los protocolos sincrónicos de bit. Ejemplo: HDLC
  - Su eficiencia es de 5/6 en el peor de los casos.

- **Violaciones de codificación de línea de Capa Física**

  - Solamente aplicable en redes en las que la codificación de línea contiene alguna redundancia
  - Los limites de la trama se definen por violaciones de código de línea, el cual es utilizado para codificar los datos.
  - La violación del código Manchester es usada en algunas redes LAN de estándar 802

  Algunos protocolos de enlace usan una combinación de cuenta de caracteres con alguno de los otros métodos. Cuando una trama llega, el campo de cuenta determina el fin de la trama; la trama es aceptada solamente si el apropiado delimitador esta presente y si el "checksum" es correcto.

3. Control de Errores

- Se debe asegurar la recepción correcta de las tramas (esto es en su totalidad y en el orden correcto)_detectando su perdida y evitando su duplicidad.
- El asegurarse de que lleguen las tramas sin errores se logra con acuses de recibo, sean positivos o negativos.

- Puede suceder que una trama no llegue (desaparezca por ejemplo por una ráfaga de ruido) en cuyo caso no se podrá generar un acuse de recibo, lo cual podría llevar a una situación de bloqueo entre el transmisor y el receptor.
- Para evitar el bloqueo se dispone de temporizadores de capa enlace. Cada vez que se envía una trama se inicializa el temporizador, el cual determinara el reenvío de la trama si después de cierto tiempo no ha llegado a un acuse de recibo.
- Podría ser que se dupliquen algunas tramas por perdida del acuse de recibo. Para prevenir que esto suceda se asignan números de secuencia a las tramas salientes, con lo que el receptor puede distinguir tramas repetidas de originales.
- En el caso de que un error persista en el canal se establece un numero máximo de reintentos, luego de lo cual se comunica a la capa superior de la falla.
- Es función del protocolo de enlace introducir los mecanismos para detectar y/o corregir los errores propios del canal de información
- Existen tres métodos para la detección y/o corrección de errores:
  - El chequeo de paridad: método sencillo utilizado principalmente por los protocolos asincrónicos.
  - La demanda de repetición automática (ARQ): utilizada con códigos de detección de errores, llamados códigos de bloque lineales. Los mas populares son los códigos de redundancia cíclica.
  - Autocorrección FEC: utiliza un código detector y corrector de errores que calcula de tal forma la secuencia de bits a transmitirse que se permite la localización y corrección del o los bits erróneos en recepción sin necesidad de retransmisión. Emplean códigos convencionales, de Hamming, Golay, Reed/Solomon y otros.
- Se utilizan también sistemas híbridos, que combinan esquemas FEC y ARQ.

4. Control de flujo

- Determina un método para limitar la cantidad de información que puede aceptar el receptor, evitando así la sobrecarga.

- Evita que se pierdan las tramas enviadas por un transmisor rápido a un receptor lento, incluyendo un mecanismo de reglamentación hacia el transmisor permitiendo o no la emisión de tramas por parte de este.

4.1 Protocolo de Ventana Deslizante

- Cada trama contiene un numero de secuencia (0 hasta un valor máximo). El máximo es usualmente 2n – 1, donde n es valor correspondiente a un campo de n bits de la trama.
- En cualquier instante de tiempo, el emisor mantiene un conjunto de números de secuencia correspondiente a las tramas que le es permitido enviar (ventana de transmisión) pendientes de confirmación. Similarmente el receptor mantiene una ventana de recepción correspondiente al conjunto de tramas que le es permitido aceptar.
- Estos protocolos dan mas libertad acerca del orden en el que pueden enviar y recibir tramas.
- Fundamentalmente se tienen 3 tipos de protocolos:
- Parada y Espera (Stop and Wait)
  - Usa un valor de n=1
  - Las tramas llegan necesariamente en orden
  - Cada trama espera la confirmación para enviar la siguiente

- **Retransmisión continua (Go back N)**
  - Usan un valor de n mayor a 1. Generalmente n = 3 o n = 8 en protocolos orientados al bit.
  - Si una trama intermedia de la secuencia falla, se retransmite esta y todas las emitidas a continuación
  - Esta técnica desperdicia ancho de banda si la velocidad de transmisión es alta.

- **Retransmisión Selectiva (Selective Repeat)**
  - Similar a retransmisión continua, si una trama llega errada solo se retransmite esta y no las que están a continuación.

5. <u>Gestión del canal de comunicaciones</u>

- En conexiones punto a punto, la gestión es sencilla.
- Existen básicamente 3 maneras de gestión:

1. Polling – Selecting

- Utilizando en sistemas primario/secundario, con protocolos sincrónicos tanto de carácter como de bit.
- Polling: es una "invitación a transmitir" que el DTE primario hace el secundario.
- Selecting: el DTE primario indica al secundario que desea enviarle datos.
- Presenta problemas de confiabilidad si falla el DTE primario.

2. Contention

- Procedimiento utilizado en los sistemas "igual a igual".
- Cualquier DTE puede transmitir si el canal está libre. La gestión debe por tanto limitar al máximo las colisiones.
- Evolución:
  - MA (Múltiple Access)
  - CSMA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)
- Muy utilizado en redes satelitales y en redes LAN

3. Token Passing (Paso de Testigo)

- Procedimiento también utilizado en los sistemas "igual a igual".

- Se basa en la circulación de un "testigo" (secuencia de bits con un formato predefinido) que pasa de un DTE a otro; incluye un indicador para indicar si la red está ocupada o no.
- No existen colisiones.
- Muy utilizado en redes LAN

PROTOCOLOS DE LA CAPA ENLACE

1. HDLC (HIGH LEVEL DATA LINK CONTROL)

- Creado a partir del protocolo SDLC (Synchronous Data Link Control), el cual es un protocolo orientado al bit usado en la arquitectura SNA de IBM. SDLC fue enviado a ISO y ANSI para su estandarización.
- ISO modificó SDLC y lo llamó HDLC.
- ANSI modificó SDLC y los transformó en ADCCP (Advance Data Comunications Control Procedure).
- CCITT luego adoptó y modificó HDLC creando su LAP (Link Access Procedure) y luego LAPB (Link Access Procedure Balanced), para hacerlo más compatible con la última versión de HDLC.
- Todos estos protocolos están basados en los mismos principios y tienen la misma estructura de trama, difiriendo en pequeños detalles.
- HDLC define a tres tipos de estaciones, dos configuraciones de enlace y tres modos de operación de transferencia de datos.
  - Estación Primaria: tiene la responsabilidad de controlar la operación de enlace. Las tramas enviadas por esta estación se llaman comandos.
  - Estación secundaria: Opera bajo el control de la estación primaria. Las tramas enviadas por la estación Secundaria se llaman respuestas. La primaria establece un enlace lógico separado con cada estación secundaria.
  - Estación combinada: Combina las características de las estaciones primarias y secundarias. Una estación combinada puede enviar tantos comandos como respuestas.
  - Las dos configuraciones de enlace son:

- Configuración desbalanceada: Usada en configuración punto a punto y multipunto. Esta configuración consiste de una primaria y una o más estaciones secundarias, y soporta tanto transmisión half duplex como full duplex.
- Configuración balanceada: Usada solamente en operaciones punto a punto. Esta configuración consiste de dos estaciones combinadas y soporta tanto transmisión full como half duplex.

- Los tres modos de operación de transferencia de datos son:
  - Modo de respuesta normal (NRM): Esta es una configuración no balanceada. La primaria puede iniciar la transferencia de datos a la secundaria, pero una secundaria puede transmitir datos solamente en respuesta a un poleo de la primaria.
  - Modo Balanceado Asincrónico (ABM): Esta es una configuración balanceada. Cualquier estación combinada puede iniciar la transmisión sin recibir permiso de la otra estación combinada.
  - Modo Respuesta Asincrónico (ARM): Esta es una configuración no balanceada. En este modo la secundaria puede iniciar la transmisión sin permiso explícito de la primaria (esto envía una respuesta sin haber esperado por un comando). La primaria sigue siendo la responsable del control de la línea. Es rara vez utilizada.

ESTRUCTURA DE LA TRAMA

- HDLC usa transmisión sincrónica. Todas las transmisiones son en tramas y en mismo formato tanto para las tramas de datos como para las de control.
- La trama está organizada en los siguientes campos:

  - Bandera: 8 bits
  - Dirección: uno o más octetos
  - Control: 8 o 16 bits
  - Información: variable
  - Secuencia de chequeo de trama (FCS): 16 a 32 bits

- Bandera: 8 bits

- Los campos de bandera, dirección y control que preceden al campo de datos son conocidos como cabecera (header). Los campos FCS y bandera que siguen al campo de dato son conocidos como "Trailer"
  - **Bandera:** Delimita una trama en sus extremos con un único patrón 01111110. Una misma bandera puede finalizar una trama e iniciar la próxima. Todas las estaciones activas conectadas al enlace están constantemente buscando banderas para sincronismo.

    Entre banderas se implementa un mecanismo de transparencia de datos, en el que el transmisor inserta un cero después de 5 unos consecutivos; en recepción el bit es retirado.

    En recepción, después de recibir una bandera, este monitorea la secuencia de bits; si es una secuencia de unos aparece, se examina el sexto bit, si este es 0 será retirado, si es 1 y el séptimo bit es 0, se acepta la combinación como una bandera. Si el sexto y el séptimo bits son 1, indicaran que la estación emisora esta interrumpiendo la comunicación.
  - **Dirección:** Identifica la estación secundaria a la que va dirigida la trama transmitida. No es necesario en un enlace punto a punto, pero se lo incluye por uniformidad. Normalmente es de 8 bits de longitud, pero previo acuerdo puede extenderse a una longitud múltiple de 7 bits. El bit más significativo en cada octeto es un 1 o un 0 según se trate o no del último octeto de la dirección. La dirección 11111111 es utilizada para "broadcasting".
  - Control define el tipo de trama HDLC
    - Información (I): Transportan los datos de usuario. Adicionalmente llevan control de flujo y de errores de los datos, usando ARQ.
    - Supervisión (S): Proporciona control de flujo y errores con técnica ARQ, cuando no se envía tramas de información.
    - No numeradas (U): Proporcionan funciones adicionales de control del enlace.

      En las tramas I y S se utilizan 3 bits para numeración de secuencia el cual puede extenderse a 7 bits (ventana modulo 128).

- Información: Solo presente en tramas I y en ciertas tramas U. Puede contener cualquier secuencia de bits, no estandarizada su longitud máxima, pero debe ser múltiplo de 8 bits.
- Secuencia de chequeo de trama (FCS): Es aplicada a los bits de la trama excluyendo las banderas. Normalmente se usa un CRC de 16 bits definido por el CCITT; aún cuando un CRC opcional de 32 bits, es empleado cuando las condiciones de la longitud de la trama o la confiabilidad de la línea así lo determinan.

REDES ETHERNET/IEEE 802.3

- ETHERNET fue desarrollada por Digital Equipmet Corporation, Intel Corporation y XEROX en 1980.
- Es substancialmente compatible con IEEE 802.3, estándar que fue publicado por IEEE años más tarde y que se baso en Ethernet.
- Mantienen el más grande mercado de redes LAN.
- Se basan en el acceso múltiple por escucha de portadora y detección de colisión (CSMA/CD).
- Ethernet es adecuada para aplicaciones donde un medio de comunicación local debe transportar esporádicamente tráfico pesado y con altas velocidades de transmisión.

COMPARACIÓN

- Especifican tecnologías similares.
- Las estaciones pueden accesar a la red a cualquier tiempo, antes de enviar datos deben "escuchar" a la red para ver si está o no en uso.

  Si lo esta la estación que desea transmitir debe esperar. Si la red no está en uso la estación transmite.
- Una colisión ocurre cuando 2 estaciones escuchan la ausencia de tráfico y trasmiten simultáneamente. En este caso las estaciones retransmitirán más tarde en plazos aleatorios, de acuerdo a determinados algoritmos.
- Las estaciones conocen cuando tienen una colisión
- Tanto Ethernet como IEEE 802.3 son redes de difusión.

- Ethernet proporciona servicios correspondientes a las capas 1 y 2 del modelo OSI, mientras que IEEE 802.3 especifica la capa 1 y la subcapa MAC.
- Ambas son implementadas en hardware, ya sea como una tarjeta o un circuito dentro de la tarjeta principal de un HOST.
- IEEE 802.3 define diferentes capas físicas, en tanto que Ethernet define solo una. Cada capa física de IEEE 802.3 tiene un nombre que resume sus características. Ejm.

  10 BASE 5

  10 es la velocidad de transmisión en Mbps

  BASE significa transmisión en banda base

  BROAD transmisión en banda ancha

  5 longitud de un segmento de LAN en múltiplos de 100 m.
- Ethernet es similar a IEEE 802.3 10Base5. Ambos protocolos especifican una topología tipo BUS con un cable de conexión entre las estaciones finales y el medio de transmisión. Al medio de las estaciones finales y el medio de transmisión. Al medio de transmisión se conecta con un transceptor (transceiver) y a la estación final con una tarjeta NIC que esta al interior de la máquina. Para IEEE 802.3 el transceiver recibe el nombre de MAU (Medium Attachment Unit).

FORMATOS DE TRAMA

- IEEE 802.3 y Ethernet comienzan con un patrón de 1 y 0 alternados, denominado preámbulo (7 bytes).
- Le sigue un campo de 1 byte denominado Delimitador de Inicio de Trama (SOF), el cual termina con dos bits 1 consecutivos, que sirven para sincronizar la trama en recepción.
- A continuación están los campos de direcciones de destino y origen, cada uno de ellos de 6 bytes. Las direcciones están contenidas en el hardware de las tarjetas de red. La dirección de origen es siempre única (*Unicast*); en tanto que la de recepción puede ser *Unicast*, *multicast* o *broadcast.*

FORMATOS DE TRAMAS ETHERNET/IEEE 802.3

- El siguiente campo de 2 bytes es el que diferencia a las tramas Ethernet de las IEEE 802.3. En Ethernet se denomina a este campo el Tipo, ya que identifica el protocolo de capa superior que recibirá los datos después que el proceso Ethernet se complete. Para IEEE 802.3 se llama el campo de longitud, ya que indica el numero de bytes de datos que contiene la trama.
- Siguiendo al campo de tipo/longitud esta el campo de datos que contiene la trama. Para el caso de IEEE 802.3 la trama pasara a un protocolo de capa superior, el cual deberá ser definido en el campo de datos de la trama.
- Si los datos en la trama son insuficientes, se utilizaran bytes de relleno para ajustar a 64 bytes el tamaño mínimo de la trama (se excluyen lo bytes de preámbulo y de SOF).
- Después del campo de datos esta un campo de chequeo de errores (Frame Check Sequence), el cual contiene un conjunto de bits CRC creados por la estación transmisora y recalculados por la estación receptora ara verificar de posibles errores en el transito de la trama.

ETHERNET

7	1	6	6	2	46-1500	4
Preámbulo	SOF	Dirección Destino	Dirección Origen	TIPO	DATOS	FCS

IEEE 802.3

7	1	6	6	2	46-1500	4
Preámbulo	SOF	Dirección Destino	Dirección Origen	LONG	802.2 CABECERA Y DATOS	FCS

CARACTERÍSTICAS DE REDES ETRERNET/IEEE 802.3

- **THICK ETHERNET (10 BASE5)**
  - Dispone de una topología lineal tipo bus.
  - Utiliza cable coaxial de banda base de 50 ohmios, de 1 cm. o 0.4" de diámetro, no flexible. Ejm. RG-8 o Belden # 9880 (PVC) y 89880 (plenum).
  - Máxima longitud de un segmento de cable: 500 m.
  - Cada extremo del segmento debe terminar en un conector coaxial tipo N de 50 ohmios.
  - Solo uno de los dos terminales debe ser conectado a tierra
  - Utiliza *transceivers* para acoplar la señal digital al medio de transmisión, y para detectar portadora y colisiones.
  - Máximo numero de *transceivers* por segmento: 100
  - Máximo 4 repetidoras entre estaciones.
  - Alcance efectivo de la red: 2.5 Km.
  - Distancia mínima entre *transceivers*: 2.5 m.
  - El máximo numero de segmentos sin enlaces inter-repetidores es 2. con enlaces inter-repetidores es 5. (Un enlace inter-repetidor es un segmento de cable sin estaciones de trabajo conectadas).
  - Máxima longitud del cable AUI a la estación es 50 m. (No existe distancia mínima).
  - Redes ethernet *Thick* y *Thin* pueden ser conectadas utilizando adaptadores especiales.

- **THIN ETHERNET (10BASE2)**
  - Tiene una configuración lineal tipo bus.
  - Reutiliza cable coaxial de banda base de 50 ohmios. Ejm. RG58A/U o RG58C/U de 0.5 cm o 3/16" de diámetro.

- Cada extremo del segmento debe terminarse con un conector coaxial BNC de 50 ohmios.
- Solo uno de los 2 terminales del enlace debe conectarse a tierra.
- Los DTE se conectan directamente (*transceivers* dentro de la tarjeta de red) a través de conectores tipo T.
- Un máximo de 30 aparatos (incluyendo repetidores) pueden ser conectados a un simple segmento.
- La máxima longitud de un segmento es: 185 m.
- La distancia mínima entre dispositivos de un segmento es 0.5 m.
- No se permiten mas de 4 repetidores en toda la red.
- No más de 5 segmentos pueden ser conectados por repetidoras.
- Solamente 3 de esos segmentos pueden contener estaciones; los restantes 2 constituyen enlaces inter-repetidoras.
- La máxima distancia de todos los segmentos no debe exceder 925 m.

- **10 BASE T**
  - utiliza una topología tipo estrella
  - emplea 2 pares de cable UTP por cada DTE conectado a la red
  - Las estaciones se conectan a la red por un concentrador de cableado (HUB) a través de interfaces RJ45. (El numero de estaciones dependerá del numero de puertos del HUB).
  - Se pueden tener un máximo de 1024 estaciones en la red, a través de conexiones en cascada.
  - La máxima distancia entre un HUB y una estación es de 100 m. Y la mínima distancia 0.6 m.
  - Se provee compatibilidad con sistemas 10BASE5 y 10BASE2 a través de *transceivers*.

NUMERO DEL PIN	SEÑAL
1	TD
2	TD
3	RD
4	NC
5	NC
6	RD
7	NC
8	NC

- Entre 2 estaciones no puede existir mas que 5 repetidores (HUBs).
- Utilizan cable categoría 3, aunque categorías superiores de cables (como la Categoría 5) permiten un crecimiento futuro que acepta tecnologías de transmisión más rápida, como 100 Mbps

- **10 BASE F**
  - Utiliza fibra óptica
  - Los segmentos pueden ser de hasta 2 km.
  - Al igual que 10 BASE T se tiene un bus físico implementado sobre una configuración en estrella.
  - Se puede combinar con otro tipo de redes.