

Tecnología de Redes X-25 , Frame Relay y ATM

Paul Andrade: pandrade@est.ups.edu.ec, Hugo Redrovan: hredrovan@est.ups.edu.ec, Erika Poveda: epoveda@est.ups.edu.ec, Santiago Baculima: sbaculima@est.ups.edu.ec, Jorge Duchitanga: jduchitanga@est.ups.edu.ec, Raul zárata: rzarate@est.ups.edu.ec

Resumen—A continuación describimos tres de los modos de transferencia de redes de comunicación como son X.25, Frame Relay y ATM , aquí analizaremos un poco de las ventajas y desventajas de cada tecnología y la orientación en el momento de su creación, así como el desarrollo en los últimos años para crear un red universal e integrar todas las tecnologías.

Index Terms—X.25, Frame, Relay, ATM, Redes, Comunicación, Datos, Enlaces.

I. RED X.25

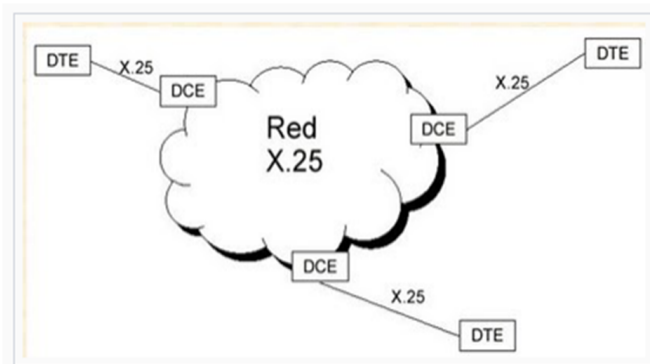


Figura 1. Red X.25

Es un estándar ITU-T para redes de área amplia (WAN) de conmutación de paquetes. En la actualidad, X.25 es la norma de interfaz orientada al usuario de mayor difusión en las redes de paquetes de gran cobertura. El servicio que ofrece es orientado a conexión, fiable, en el sentido de que no duplica, ni pierde ni desordena, y ofrece multiplexación. Esto es, a través de un único interfaz se mantienen abiertas distintas comunicaciones. El servicio X.25 es un diálogo entre dos entidades ETD (Los equipos terminales encargados de generar y recibir la información emisor y receptor.) Y ECD (Los equipos de comunicación de datos formatean la información a transmitir para que pueda viajar correctamente a través del canal. Si no existe esta transformación no sería posible a comunicación.). :

Para que las redes de paquetes y las estaciones de usuario se puedan interconectar se necesitan unos mecanismos de control que son: control de flujo (que sirve para evitar la congestión de la red.) control de errores (garantizan la recepción correcta de todo el tráfico.):

Identificación de paquetes procedentes de ordenadores y terminales concretos. :

Asentimiento de paquetes. :

Rechazo de paquetes. :

El intercambio de datos en X.25 se realiza a través de paquetes, haciendo posible el fraccionamiento de los mismos y garantizando la entrega ordenada del mensaje al receptor. X.25 trabaja sobre servicios basados en circuitos virtuales (CV) o canales lógicos (LCN) :

I-A. Servicio de circuito virtual

El servicio de circuito virtual de X.25 ofrece dos tipos de circuitos virtuales::

I-A1. Circuito virtual permanente (CVP): :

en ellos la red posee previamente la información de encaminamiento necesaria, de modo que no es precisa una fase de conexión: el circuito está permanentemente abierto.:

I-A2. Circuitos virtuales conmutados (CVC): :

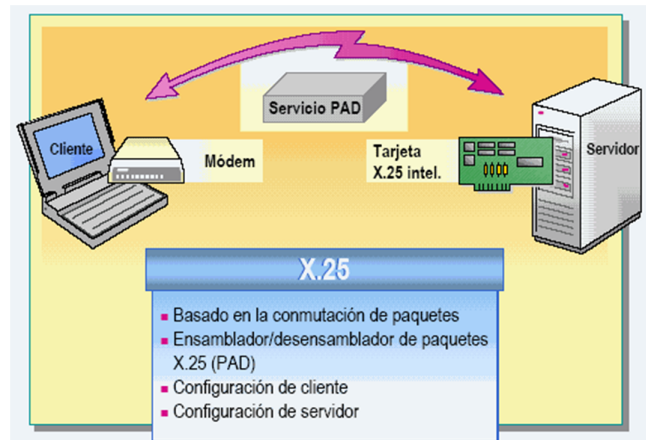


Figura 2. Circuito Virtual y PAD

en estos circuitos es preciso realizar una llamada al terminal receptor con el fin de establecer la conexión (llamada virtual). :

Los clientes de acceso telefónico a redes pueden acceder directamente a una red X.25 utilizando un ensamblador/desensamblador de paquetes X.25 (packet assembler/disassembler, PAD).:

Un PAD permite el uso de terminales y conexiones de módems sin necesidad de hardware y conectividad de clientes costosa para hablar directamente a X.25. Los PADs de acceso remoto son una elección práctica para los clientes de acceso remoto porque no requieren insertar una línea X.25 en la parte posterior del equipo. El único requisito para un PAD de acceso remoto es el número telefónico del servicio de PAD para el operador.:

I-B. Protocolos

I-B1. Para la capa física::

Los protocolos recomendados en la especificación son : RS-232 ó V.24:

I-B2. Para la capa de enlace::

LAPB es la especificación que define la comunicación a nivel enlace entre el DTE y el DCE.:



Figura 3. Protocolo LAPB

Es un subconjunto de comandos de la especificación HDLC. Sus funciones son entramado , control de flujo y control de errores. Las tramas toman los datos de la capa superior , los encapsulan dicha info en el campo INFORMATION. agregándole los flags, encabezado y control de errores . Luego se transfieren al nivel físico para ser transmitidos. Es un protocolo full duplex, es decir ambos extremos pueden transmitir simultáneamente. El entramado proporciona tramas o “frames” que contienen la dirección destino, el comando que representan y un chequeo de errores sin corrección. Además proporciona control de flujo mediante los números de secuencia que estudiaremos a continuación. :

I-B3. Flags: :

Son una secuencia de 8 bits de los cuales los 6 centrales son unos y los extremos son ceros (01111110). Su única función es delimitar la trama indicando principio y final.:

I-B4. Address: :

Como LAPB se define sólo entre un DTE y un DCE solamente hay 2 posibilidades. Se utilizan: 00000011 para el DTE y 00000001 para el DCE.:

I-B5. FCS: :

Hace un chequeo de redundancia cíclica de los campos de Address , Control e Information para detectar errores en los mismos.:

I-B6. Control: :

El campo de control es el que representa el tipo de trama, y en caso de llevar un comando éste es el campo que lo lleva codificado. En base a esto, el campo puede tener 3 formatos diferentes que representan los 3 tipos de trama disponibles. :

Los 3 tipos de trama son: :

- Information : transmite datos y nro de secuencia :
- Supervision : emite comandos y nros de secuencia :
- Unnumbered : (no numerada) sólo emite comandos de control, no transmite nros de secuencia (de allí su nombre). :

SABM Set Asynchronous Balanced Mode: inicializa modo balanceado asincrónico – SABME Set Extended Asynchronous Balanced Mode: ídem asincrónico extendido – DISC Disconnect: solicitud de desconexión:

I-C2. Respuestas: :

- UA Unnumbered Acknow : comando no numerado reconocido :

- DM Disconnect Mode: indica que el equipo está en estado de no conexión :

- FRMR Frame Reject: rechazo de trama con formato no válido):

I-D. Arquitectura de Red

X.25 está formado por tres capas de funcionalidad, estas tres capas corresponden a las tres capas inferiores del modelo OSI. :

Nivel Físico: La interfaz de nivel físico regula el diálogo entre el DCE y el DTE. Este nivel especifica los estándares con la transmisión y recepción de datos mecánica y eléctricamente. :

Existen dos posibilidades para la interfaz a nivel físico:

- X.21: Se utiliza para el acceso a redes de conmutación digital. (Similares a las de telefonía digital.) . X.25 utiliza el interfaz X.21 que une ETD y el ETCD como un “conducto de paquetes”, en el cual los paquetes fluyen por las líneas (pines) de transmisión y recepción, :

- X.21bis: Se emplea para el acceso a través de un enlace punto a punto. Nivel de Enlace: el objeto de este es garantizar la comunicación y asegurar la transmisión de datos entre dos equipos directamente conectados. El protocolo usado en este nivel es el LAP-B que forma parte del HDLC. Este protocolo define la transmisión de datos, y establece la ruta que estos deben seguir a través de la red. Nivel Red / Nivel Paquetes: Con la capa de paquetes de X.25, los datos se transmiten en paquetes a través de circuitos virtuales externos. Este nivel también realiza detección y corrección de errores, competiciones de retransmisión de los frames y paquetes dañados. :



Figura 4. Arquitectura de Red

I-C. Supervisión

- RR Receive Ready : indica listo para recibir :
- REJ Reject : indica que se ha recibido una trama con error de FCS. :
- RNR Receive Not ready : indica no listo para recibir

No numerados:

I-C1. Comandos: :

I-E. Aplicaciones

Las aplicaciones típicas de X.25 son: :

- Intercambio de tráfico de tipo transaccional (Gestión de pedidos, Consulta de Costos, Plazos de Entrega y Almacén), transferencias electrónicas de fondos, consultas en bases de datos, etc... :

- Conexión de terminales a un ordenador central en un sistema de teleproceso. Mediante el uso de equipos concentradores y/o multiprotocolo, el usuario puede concentrar en una sola línea el tráfico de comunicaciones procedente de todos los ordenadores o terminales de un mismo emplazamiento. :

- Correo electrónico y EDI también pueden operarse satisfactoriamente sobre X.25. EDI(Intercambio Electrónico de Datos) :

I-F. VENTAJAS

I-F1. Calidad: :

En la existencia de un Centro de Gestión nacional con amplias capacidades de supervisión, operación y control, y en funcionamiento 24 horas/día, 365 días/año :

La infraestructura de red sobre la que se soporta el Servicio, la Red Uno, y que se traduce en una fiabilidad y una capacidad de transmisión muy elevadas mediante la utilización de nodos de red de alta tecnología :

I-F2. Economía: :

Aplicación de tarifa por uso del Servicio para todas las comunicaciones establecidas entre los diferentes accesos del cliente integrados al Servicio :

I-F3. Normalización: :

Libertad en la elección de equipos de cliente, al tratarse de un Servicio basado en un protocolo estándar soportado por la práctica totalidad de los fabricantes :

I-F4. Seguridad: :

En el transporte, ya que las técnicas de conmutación de paquetes y de protección de errores utilizadas en la Red UNO garantizan el transporte y entrega de información con total fiabilidad y seguridad.:

II. RED FRAME RELAY

Frame Relay constituye un método de comunicación orientado a paquetes para la conexión de sistemas informáticos. Se utiliza principalmente para la interconexión de redes de área local (LANs, local area networks) y redes de área extensa (WANs, wide area networks) sobre redes públicas o privadas. :

La mayoría de compañías públicas de telecomunicaciones ofrecen los servicios Frame Relay como una forma de establecer conexiones virtuales de área extensa que ofrezcan unas prestaciones relativamente altas. :

Frame Relay es una interfaz de usuario dentro de una red de conmutación de paquetes de área extensa, que típicamente ofrece un ancho de banda comprendida en el rango de 56 Kbps y 1.544 Mbps. Frame Relay se originó a partir de las interfaces ISDN y se propuso como estándar al Comité consultivo internacional para telegrafía y telefonía (CCITT) en 1984. El comité de normalización TISI de los Estados Unidos, acreditado por el Instituto americano de normalización (ANSI), realizó parte del trabajo preliminar sobre Frame Relay. :

Versión mejorada del X.25. :

- Pensada para combinar con otros protocolos como TCP/IP, y para interconexión multiprotocolo de LANs :

- Servicio no fiable; si llega una trama errónea se descarta y el nivel superior (normalmente transporte) ya se enterará y pedirá retransmisión :

- Tamaño máximo de paquete (trama) de 1 a 8 KB :

- Velocidades de acceso hasta 44.736 Mb/s, típicas de 64 a 1.984 Kb/s :

- QoS definida por CIR (Committed Information Rate) y por EIR (Excess Information Rate). Esto forma parte del SLA (Service Level Agreement): acuerdo de nivel de servicio :

- Eficiencia mucho mejor que X.25, especialmente a altas velocidades :

- Habitualmente utiliza PVCs. SVCs no soportados por muchos operadores. :

- Costo proporcional a capacidad de línea física y al CIR. :

II-A. Descripción:

Es un estándar del Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT) y del Instituto Nacional Americano de Normalización (ANSI) que define un proceso para el envío de datos a través de una red de datos públicos (PDN). :

Opera en las capas físicas y de enlace de datos del modelo de referencia OSI, pero depende de los protocolos de capa superior como TCP para la corrección de errores. Se basa en la conmutación por paquetes. :

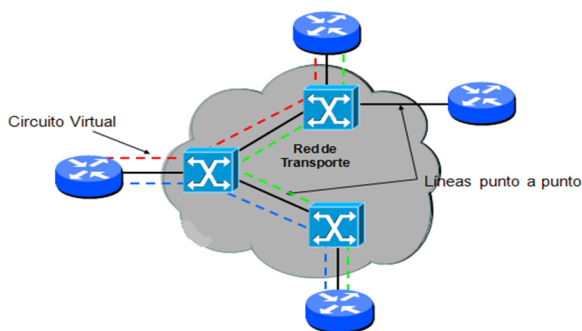


Figura 5. Generalidades

Frame Relay utiliza circuitos virtuales para realizar conexiones a través de un servicio orientado a conexión. Frame Relay es un protocolo de capa de enlace de datos conmutado de estándar industrial, que maneja múltiples circuitos virtuales mediante el encapsulamiento de Control de enlace de datos de alto nivel HDLC) entre dispositivos conectados. :

II-B. Terminología :

II-B1. Identificador de conexión de enlace de datos (DL-CI): :

Es un número que identifica el extremo final en una red Frame Relay. Este número sólo tiene importancia para la red local. El switch Frame Relay asigna los DLCI entre un par de routers para crear un circuito virtual permanente. :

II-B2. Interfaz de administración local (LMI): :

Estándar de señalización entre el equipo terminal del abonado (CPE) y el switch Frame Relay a cargo del manejo de las conexiones y mantenimiento del estado entre los dispositivos. Se soportan tres tipos de LMI: cisco, ansi y q933a. :

II-B3. Velocidad de información suscrita (CIR): :

CIR es la velocidad garantizada, en bits por segundo, que el proveedor del servicio se compromete a proporcionar. :

II-B4. Ráfaga suscrita: :

Cantidad máxima de bits que el switch acepta transferir durante un intervalo de tiempo. (Se abrevia como Bc) :

II-B5. Ráfaga excesiva: :

Cantidad máxima de bits no suscritos que el switch Frame Relay intenta transferir más allá de la CIR. La ráfaga excesiva depende de las ofertas de servicio que el distribuidor coloca a disposición, pero se limita generalmente a la velocidad de puerto del loop de acceso local. :

II-B6. Indicador de posible para descarte (DE): :

Bit establecido que indica que la trama se puede descartar para darle prioridad a otras tramas si se produce congestión. Cuando el router detecta congestión de red, el switch Frame Relay descarta en primer lugar los paquetes con el bit DE. El bit DE se establece en el tráfico sobresuscrito (es decir, el tráfico recibido después de alcanzar la CIR). :

II-B7. Notificación explícita de la congestión (FECN): :

Bit establecido en una trama que notifica a un DTE que el dispositivo receptor debe iniciar procedimientos para evitar la congestión. Cuando un switch Frame Relay detecta la existencia de congestión en la red, envía un paquete FECN al dispositivo destino, indicando que se ha producido la congestión. :

II-B8. Notificación de la congestión retrospectiva (BECN): :

Bit establecido en una trama que notifica a un DTE que el dispositivo remitente debe iniciar procedimientos para evitar la congestión. Cuando un switch Frame Relay detecta congestión en la red, envía un paquete BECN al router origen, instruyendo al router para que reduzca la velocidad a la cual está enviando los paquetes. Si el router recibe cualquier BECN durante el intervalo de tiempo en curso, reduce la velocidad de transmisión un 25 %. :

II-C. Los DLCI y su funcionamiento:

Los estándares Frame Relay direccionan circuitos virtuales permanentes (PVC) que se encuentran administrativamente configurados y administrados en una red Frame Relay. Los PVC de Frame Relay son identificados por los DLCI. :

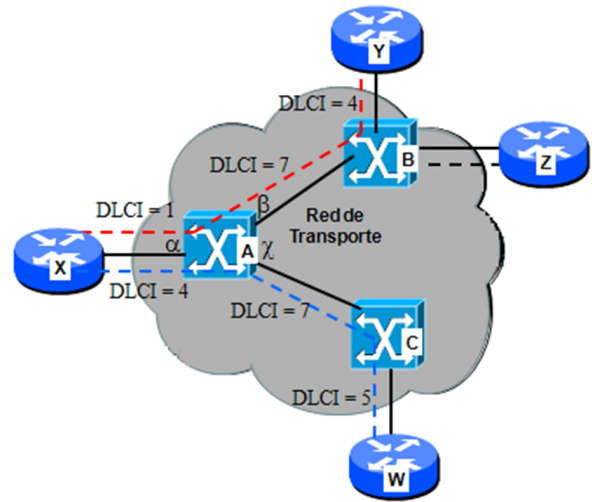


Figura 6. Funcionamiento DLCI

Los DLCI de Frame Relay tienen importancia local. Es decir que los valores en sí no son únicos en la WAN Frame Relay. Dos dispositivos DTE conectados por un circuito virtual podrían utilizar un valor DLCI distinto para referirse a la misma conexión. :

Frame Relay proporciona un medio para realizar la multiplexión de varias conversaciones de datos lógicas.:

- El equipo de conmutación del proveedor de servicios genera una tabla asignando los valores DLCI a puertos salientes. :

- Cuando se recibe la trama, el dispositivo de conmutación analiza el identificador de conexión y entrega la trama al puerto saliente asociado. :

- La ruta completa al destino se establece antes de enviar la primera trama.:

Señalador: Indica el principio y el final de la trama Frame Relay. :

- Dirección: Indica la longitud del campo de dirección La Dirección contiene la siguiente información: – Valor DLCI: Indica el valor de DLCI. Se compone de los 10 primeros bits del campo Dirección. – Control de congestión: Los últimos 3 bits del campo de dirección, que controlan los mecanismos de notificación de congestión Frame Relay. Estos son FECN, BECN y bits posibles para descarte (DE). :

- Datos: Campo de longitud variable que contiene datos de capa superior encapsulados. :

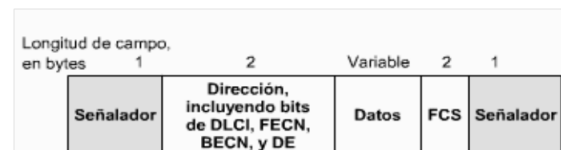


Figura 7.

- FCS: Secuencia de verificación de trama (FCS), utilizada para asegurar la integridad de los datos transmitidos Ver siguiente figura :

El espacio de direccionamiento DLCI se limita a 10 bits. (1024 direcciones DLCI posibles). :

- La porción utilizable de estas direcciones es determinada por el tipo de LMI utilizada. :

- El tipo LMI Cisco soporta un intervalo de direcciones DLCI desde DLCI 16-1007 para el transporte de datos de usuario. :

- El tipo LMI ANSI/UIT soporta un intervalo de direcciones desde DLCI 16-992 para el transporte de datos de usuario. Las principales funciones del proceso LMI son las siguientes: :

- Determinar el estado operacional de distintos PVC que el router conoce.:

- Transmitir paquetes de mensaje de actividad para garantizar que el PVC permanezca activo y no se inhabilite por inactividad. :

- Comunicarle al router que los PVC están disponibles. :

II-D. Arquitectura:

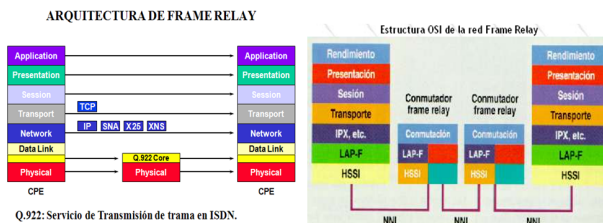


Figura 8. Arquitectura Frame Relay

El Frame Relay utiliza la plataforma base OSI como se ve.:

Por otro lado veremos la arquitectura de protocolos el cual se da en tres capas: El modelo de referencia de protocolos Frame Relay se compone de tres planos: :

- Plano de Control (Plano C): Se encarga de la señalización y del establecimiento y liberación de las conexiones. :

- Plano de Usuario (Plano U): Se encarga de la transferencia de información entre usuarios. :

- Plano de Gestión (Plano G): Se encarga del control y gestión de las operaciones de red. Se divide en gestión de planos y gestión de capas. :

Tipos de tramas: :

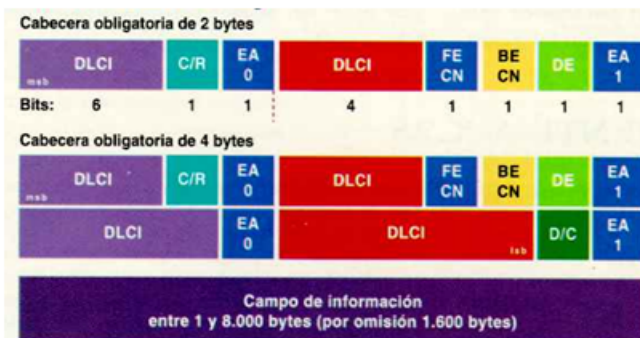


Figura 9. Tipos de Tramas

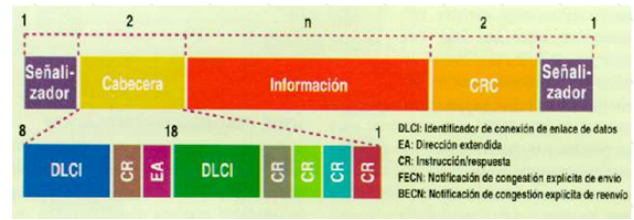


Figura 10. Control de Información

Las tramas y cabeceras de Frame Relay pueden tener diferentes longitudes, ya que hay una gran variedad de opciones disponibles en la implementación, conocidos como anexos a las definiciones del estándar básico. :

CRC (también llamado FCS): Código de detección de errores. Es un código cíclico. Es necesario, ya que cuando se detecta una trama con error, se descarta.:

II-E. Funcionamiento:

El Frame Relay funciona de la siguiente manera como en la siguiente figura: :

1. Se ordena el servicio Frame Relay a un proveedor de servicio, o se crea una nube Frame Relay privada. :

2. Cada router, ya sea directamente o a través de un CSU/DSU, se conecta al switch Frame Relay. :

3. Cuando se habilita el router CPE, éste envía un mensaje de información de estado al switch FR. El mensaje notifica al switch acerca del estado del router, e interroga al switch acerca del estado de la conexión de los otros routers remotos. :

4. Cuando el switch FR recibe la solicitud, responde con un mensaje de estado que incluye los DLCIs de los routers remotos a los cuales el router local puede enviar datos. :

5. Por cada DLCI activo, cada router envía un paquete de solicitud de ARP inverso presentándose y solicitando a cada router remoto que se identifique respondiendo con su dirección de capa de red. :

6. Por cada DLCI que conozca el router a través de un mensaje de ARP inverso, se crea una entrada de asignación dentro de la tabla de asignación FR del router. (DLCI local, dirección de red del router remoto y estado de la conexión) :

7. Cada 60 segundos. Los routers intercambian mensajes ARP inversos. :

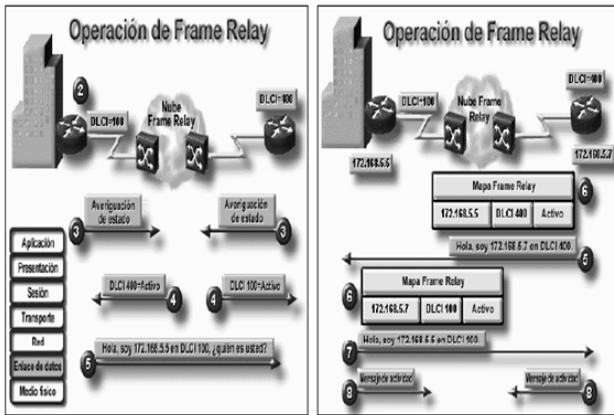


Figura 11. Funcionamiento Frame Relay

8. Por defecto, cada 10 segundos el router CPE envía un mensaje de actividad (keepalive) al switch FR (¿sigue activo el Sw FR?). :

III. ATM

ATM (Asynchronous Transfer Mode) una red ATM transmite datos de manera asíncrona, lo que significa que transmitirá los datos cuando pueda. Mientras que las redes sincrónicas no transmiten nada si el usuario no tiene nada para transmitir, la red ATM usará estos vacíos para transmitir otros datos, ¡lo que garantiza un ancho de banda más óptimo [2].:

III-A. Funcionamiento

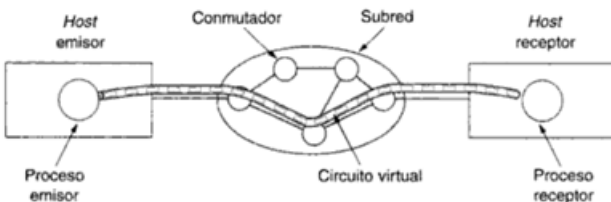


Figura 12. Circuito Virtual [1]

Las redes ATM están orientadas a la conexión, para enviar datos primero se necesita el envío de un paquete para establecer conexión. mientras el mensaje de establecimiento sigue su camino a través de la subred, todos los conmutadores que se encuentran en la ruta crean una entrada en sus tablas internas tomando nota de la conexión existente y reservando cualquier recurso que necesita la conexión (circuitos virtuales) fig.1, una vez establecida la conexión, cada lado puede empezar a transmitir datos.:

Con los avances en el desarrollo de los medios de transmisión y como una mejora de X-25 se desarrolló Frame Relay [2]. :

III-B. Formato de las celdas ATM

Dos de los conceptos más significativos del ATM, Canales Virtuales y Rutas Virtuales, (VCI y VPI) ambos determinan el enrutamiento entre nodos. Conectando múltiples conmutadores podemos formar una gran red. Las conexiones entre nodos se realiza en base a dos interfaces que son.:

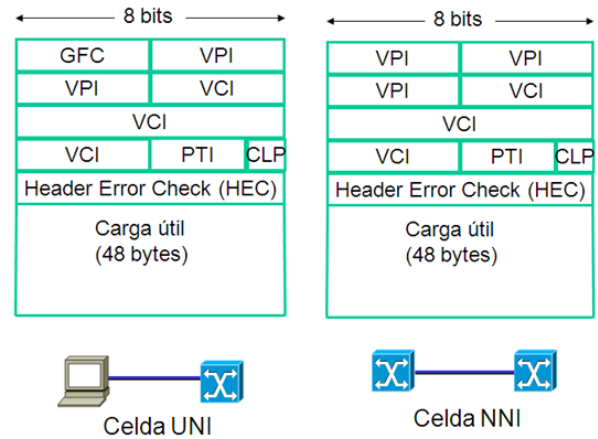


Figura 13. Formatos de Celda [3]

NNI (Network to Network Interface) El cual se refiere a la conexión de Switches ATM en redes privadas UNI (User to Network Interface) este se refiere a la conexión de un Switch ATM de una empresa con un terminal ATM de un usuario normal. :

- VPI: Virtual Path Identifier (8 bits) Se utilizan para indicar la ruta de destino o final de la célula. :
- VCI: Virtual Channel Identifier (16 bits). :
- PTI: Payload Type Identifier. 3 bits. :
- CLP: Cell Loss Priority (1 bit), indica el nivel de prioridad de la celda, si este bit está activo cuando la red ATM esta congestionada la celda puede ser descartada. :
- HEC : Header Error Correction, (8 bits): detección de error, menos la de usuario, y corregir errores simples. :

III-C. Arquitectura ATM

“ATM es una arquitectura estructurada en capas que permite que múltiples servicios como voz y datos vayan mezclados en la misma red. Tres de las capas han sido definidas para implementar los rasgos del ATM. Las capas son la capa física, la capa ATM, la Capa de Adaptación ATM (AAL), y los planos son el plano de usuario, de control y de gestión. [4]:

A continuación se describen las Capas. :

- La capa de adaptación garantiza las características apropiadas del servicio y divide todos los tipos de datos en payload de 48 bytes que conformaran el paquete ATM. :
- La capa intermedia de ATM coge los datos que van a ser enviados y añade los 5 bytes de la cabecera que garantiza que el paquete se envía por la conexión adecuada. :
- La capa física define las características eléctricas y los interfaces de la red. :

A continuación se describirán los planos:

- Plano de usuario: permite la transferencia de información de usuario, así como de determinados controles asociados a dicha transferencia como son el control del flujo y de algunos errores. :
- Plano de control: realiza funciones de control de llamada y de control de la conexión. Es realmente el que se encarga del establecimiento y liberación de la conexión. :

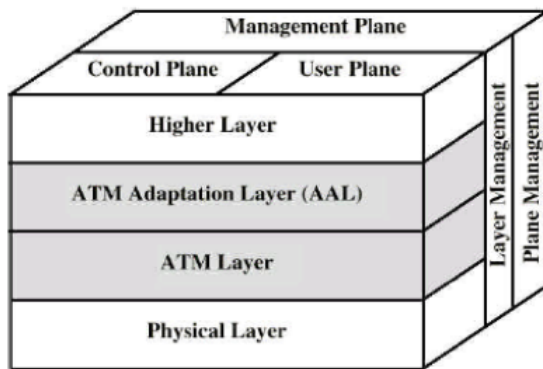


Figura 14. Capas y Planos ATM

- Plano de gestión: se encarga de la gestión de las diferentes capas y planos y se relaciona con la administración de recursos. :

Para establecer una conexión el host local a de solicitar a su switch local que establezca una conexión con el destino, esta conexión puede ser de dos naturalezas::

- Circuitos Virtuales Conmutados (SVC). :
- Circuitos Virtuales Permanentes (PVC).:

Con SVC cada vez que un sistema final quiera establecer una conexión con otro sistema final se ha de establecer un nuevo VCC (similar a una llamada telefónica convencional). Estos circuitos se establecen a través de los conmutadores ATM y dependen del protocolo de red empleado.:

PVC consiste en el establecimiento permanente de las conexiones entre los sistemas finales por parte del proveedor de la red. El administrador de la red puede configurar de forma manual los conmutadores definiendo PVCs. :

El administrador identifica el nodo origen, el nodo destino, la calidad de servicio y los identificadores para que cada host pueda acceder al circuito. :

III-D. Descripción del proceso ATM

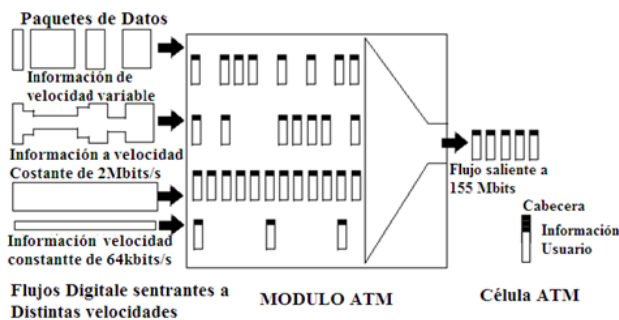


Figura 15. Diagrama Simplificado del Proceso ATM

Con esta tecnología, a fin de aprovechar al máximo la capacidad de los sistemas de transmisión, sean estos de cable o radioeléctricos, la información no es transmitida y conmutada a través de canales asignados en permanencia, sino en forma de cortos paquetes (celdas ATM) de longitud constante y que pueden ser enrutadas individualmente mediante el uso de los denominados canales virtuales y trayectos virtuales.:

se ilustra la forma en que diferentes flujos de información, de características distintas en cuanto a velocidad y formato, son agrupados en el denominado Módulo ATM para ser transportados mediante grandes enlaces de transmisión a velocidades (bit rate) de 155 o 622 Mbit/s facilitados generalmente por sistemas SDH. En el terminal transmisor, la información es escrita byte a byte en el campo de información de usuario de la celda y a continuación se le añade la cabecera. :

En caso de haber más de un camino entre los puntos de origen y destino, no todas las celdas enviadas durante el tiempo de conexión de un usuario serán necesariamente encaminadas por la misma ruta, ya que en ATM todas las conexiones funcionan sobre una base virtual. :

IV. COMPARACIÓN

IV-A. Parámetros de desempeño

Tecnología	X-25	Frame Relay	ATM
Capacidad	Se alquila 64kbps	1.5Mbps	10-100 Mbps
Controles de Errores en la Transmisión	Controla errores entre los saltos	Usa el CRC. Solo corrige errores de un extremo a otro	Usa el Control de error de Cabecera
Manejo de Información	Por paquetes	Por ráfagas de paquetes	Por celdas
Caudal Eficaz	Al aumentar el tráfico de red, disminuye la eficiencia y aumenta el tiempo de respuesta	El canal es bidireccional y esta garantizado, es entre 8 a 1984 Kbps	La eficiencia aumenta mientras que el tiempo de respuesta disminuye

Figura 16.

IV-B. Relación entre el tiempo de respuesta y la frecuencia

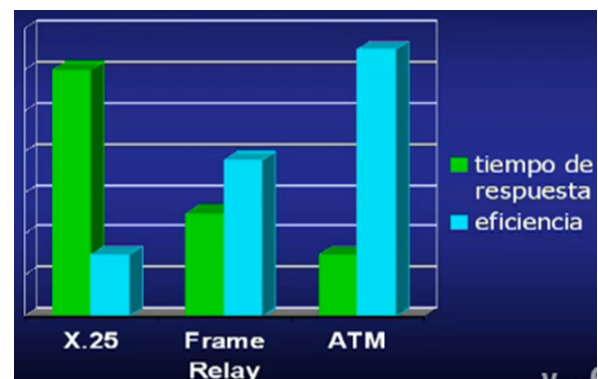


Figura 17.

IV-C. Parámetros de Desempeño

Tecnología	<i>X.25</i>	<i>Frame Relay</i>	<i>ATM</i>
Control de congestión	Usa un mecanismo general	Usa 2 mecanismos simples: FECN y BECN	Usa el mecanismo CLP
Retardo	Depende de la carga que esté soportando la red. Es variable.	Es menor que en las redes X.25	Es menor que X.25 y que Frame Relay

Figura 18.



Figura 19.

Característica	<i>X.25</i>	<i>Frame Relay</i>	<i>ATM</i>
Es muy seguro	✓	✗	✗
Controla los errores y el flujo	✓	✗	✓
Usa la Multiplexación	✓	✓	✓
Tiene varios circuitos virtuales en una sola interfaz física	✗	✓	✓
Conmutación rápida	✗	✓	✓
Usa red pública de datos	✓	✓	✓
Es fácil de gestionar	✓	✓	✗

Figura 20.

REFERENCIAS

- [1] Jose Manuel Huidobro Moya, "Redes y servicios de telecomunicaciones", Cuarta Edición, Paraninfo, 2006.
- [2] Andrew S. Tanenbaum "Redes de Computadoras", Cuarta Edición, Pearson Educación, 2003.
- [3] Rogelio Montañana, "Redes Frame Relay y ATM", Departamento de Informática, Universidad de Valencia rogelio.montanana@uv.es
- [4] W. Stallings "Comunicaciones y Redes de Computadores" [web] http://es.wikipedia.org/wiki/Asynchronous_Transfer_Mode
- [5] Enrique Herrera Pérez, "Tecnologías y redes de transmisión de datos", Editorial Limusa, 2003.
- [6] Antonio Salavert Casamor, "Los protocolos en las redes de ordenadores", Edicions UPC, 2003.
- [7] José Manuel Caballero, "Redes de banda ancha" Serie: Mundo Electrónico, Mundo Electrónico, Marcombo, 1998