

Especificación de la interconexión de redes TCP/IP (ETHERNET) A través de una red WAN Frame Relay

Yezid E. Donoso Meisel*, Indira Acuña Rodríguez, Zulay Guardias
Garcés**, Marguie Martínez Daza**, Luis Carlos Pinillos **

Resumen

La continua necesidad de tener información oportuna, veraz y dinámica en grandes volúmenes ha motivado el desarrollo de sistemas de información que satisfagan estos requerimientos. Es así como las redes de computadores, como respuesta a esta necesidad, manejan protocolos que soportan diversas formas de información y la interconexión satisfactoria entre ellos. Una de estas soluciones es Frame Relay, que brinda una gran gama de alternativas a las comunicaciones hoy día y las hace mucho más dinámicas, veloces, con bajo índice de error, con soporte de multiprotocolos y grandes volúmenes de información. En este artículo se hace un esbozo de todo lo relacionado con las redes de comunicaciones, y luego se centra toda la atención en la tecnología Frame Relay, de la cual se resalta su capacidad multiprotocolo, específicamente sobre su interconexión con TCP/IP. Además se analizan sus ventajas, desventajas, velocidad de transmisión, ancho de banda, implementación, costo, entre otros. Así mismo, se muestra un ejemplo de interconexión de redes LAN a través de una red WAN Frame Relay.

Palabras claves: TCP/IP, Ethernet, Frame Relay.

Abstract

The continuous necessity to have opportune, truthful information and dynamics in big volumes has motivated the development of systems of information that satisfies these requirements. It is as well as the computer network like answer to this necessity manage protocols that support diverse forms of information and the satisfactory interconnection among them. One of these solutions is nowadays Frame Relay that offers a great range of alternative to the communications making them much more dynamic, speedy with low mistakes index with multiprotocolos support and big volumes of information. In this article we will do an sketch of all the related with the network of communications, and later to center all the attention in the technology Frame Relay standing out their capacity multiprotocolo specifically on their interconnection with TCP/IP. their advantages were Also analyzed, disadvantages, transmission speed, wide of band, implementation, cost, among others. Likewise an example of interconnection of bandwidth LAN networks is shown through a WAN network Frame Relay.

Key words: TCP/IP, Ethernet, Frame Relay.

Fecha de recepción: 10 de octubre del 2000

* Ingeniero de Sistemas de la Universidad del Norte; Magíster en Ingeniería de Sistemas con investigación de redes de la Universidad de los Andes. Profesor de Ingeniería de Sistemas en la Universidad del Norte. (e-mail: ydonoso@uinorte.edu.co)

** Estudiantes de 10º semestre de Ingeniería de Sistemas en la Universidad del Norte. Integrantes del Grupo de Redes.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha habido una importante evolución en la informática. La enorme capacidad de procesamiento disponible hoy en día en nuestros PCs y el desarrollo de las LANs han hecho posible una revolución en la forma en que trabajamos, y han alterado el sistema corporativo de la información.

La convergencia de la informática y las telecomunicaciones es una realidad con la que convivimos a diario. Las nuevas aplicaciones generan grandes volúmenes de información que hacen uso exhaustivo de las comunicaciones a alta velocidad con otros ordenadores conectados a su misma red, e incluso a redes geográficamente dispersas. Esta condición ha llevado a la industria de telecomunicaciones a un mejoramiento continuo en lo que respecta a niveles de tráfico de datos y de reducción de costos, para así encontrar un soporte efectivo a aplicaciones de misión crítica y a la optimización de los anchos de banda disponibles.

En este contexto, el protocolo Frame Relay ofrece un mejor aprovechamiento de las líneas dedicadas de ancho de banda reducido, lo cual produce una mejor calidad de servicio y ahorro de costos. Una red Frame Relay puede ser altamente viable por su característica de escoger una nueva ruta en el caso del fallo de la línea (de existir canales redundantes) y, por consiguiente, ofrece un rico patrón de interconexión.

Frame Relay proporciona conexiones entre usuarios a través de una red pública, del mismo modo que lo haría una red privada con circuitos punto a punto. De hecho, su gran ventaja es la de reemplazar las líneas privadas por un sólo enlace a la red. El uso de conexiones implica que los nodos de la red son conmutadores, y las tramas deben llegar ordenadas al destinatario, ya que todas siguen el mismo camino a través de la red.

El propósito de este artículo es describir las características más importantes de las redes Frame Relay, como la estructura y transmisión de tramas, los protocolos de gestión de enlaces, ventajas, etc. Se incluyen además las razones que motivaron el desarrollo de esta tecnología, la situación actual de las redes Frame Relay en el mundo, los conceptos involucrados en la transmisión de datos y algunas extensiones importantes que complementan el servicio básico. Así mismo, se exponen las características de la interconexión de redes TCP/IP (ETHERNET) a través de redes WAN Frame Relay.

2. GENERALIDADES DEL PROTOCOLO TCP/IP

TCP/IP denota un conjunto o familia de *protocolos de comunicación*, desarrollados para permitir a computadores cooperativos y heterogéneos compartir recursos a través de una red. Los protocolos TCP (*Transmission Control Protocol*) e IP (*Internet Protocol*) son los más conocidos, y de allí se deriva el nombre del conjunto.

Se diseñó teniendo en cuenta la necesidad de lograr interconexión entre varias redes, utilizando enrutadores (*routers*); actualmente se han convertido en un estándar, por lo cual es un sistema abierto.

Los servicios básicos de esta familia de protocolos se clasifican en dos grupos que permiten dar opciones a distintos tipos de usuarios. En el primer grupo se encuentran los servicios orientados a los usuarios finales o usuarios comunes; es así como existen aplicaciones o servicios tales como el correo electrónico, la transferencia de archivos y la apertura de sesión remota, entre muchos otros. En el segundo grupo se encuentran aquellos servicios orientados a los usuarios que desarrollan aplicaciones sobre las redes, se ofrecen servicios orientados a conexión y no orientados a conexión.

El concepto de la arquitectura por niveles ha sido aplicado claramente y ha jugado un papel muy importante durante la evolución de TCP/IP (ver figura 1).

En un primer nivel o de **hardware** se definen las características físicas de las interfaces que se utilizan en las distintas interconexiones. Hacen parte de este nivel estándares como EIA RS32C, CCITT V.35, 10BaseT, Fibra Óptica, entre otros.

El nivel de **Interfaz de red** puede ser dividido en dos subniveles, un nivel inferior denominado nivel de **Enlace** y un nivel superior denominado nivel de **Sub Red**, de tal forma que se permite la utilización de diferentes tipos de estándares de redes, sean éstas de área local, metropolitana o redes geográficamente dispersas. Al igual que para el nivel de *hardware*, se desea que TCP/IP se pueda utilizar indistintamente en las diferentes tecnologías de redes que se desarrollen con el transcurrir del tiempo, razón por la cual existen estándares desarrollados dentro y fuera de TCP/IP.

El nivel de **Inter-red** está compuesto por los protocolos ARP, RARP, ICMP e IP. ARP es utilizado para permitir a un nodo de la red encontrar la dirección

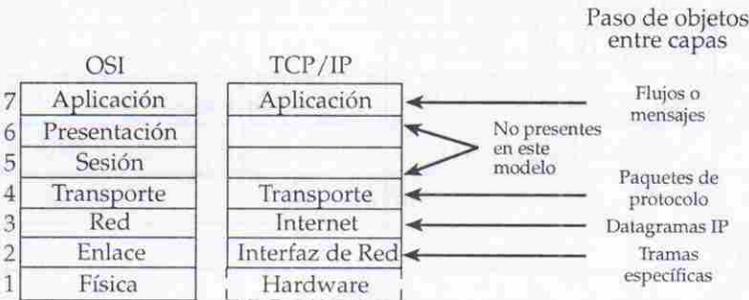


Figura 1: Modelo de Referencia de TCP/IP

física de otro nodo de la misma red, cuando ello sea necesario. RARP está orientado a resolver el problema de los nodos en la red que no tienen capacidad de almacenar (en medio magnético) su propia dirección IP; para encontrarla, pregunta a través de la red cuál es su propia dirección IP, y algún nodo (designado para ello) le responde la información requerida. El protocolo IP define un sistema de distribución o entrega de paquetes, llamados datagramas, correspondientes a la unidad básica de transmisión. Es el mecanismo básico para transportar tráfico al interior de una red entre dos computadores de la misma, entre computadores y un enrutador o entre enrutadores, y permite la comunicación entre computadores, que tal vez requieran para ello atravesar enrutadores o redes en el proceso. El protocolo de control ICMP es el que le permite a los enrutadores de las distintas redes enviar información de error y control mediante la utilización de los

datagramas, y por lo tanto corregirlos, con el fin de minimizar la probabilidad en la pérdida de la información que se transmite.

En el nivel de **transporte** se desarrollan los protocolos para proveer los servicios de red. Los protocolos más importantes son UDP y TCP. UDP define un servicio no orientado a conexión, por lo tanto las aplicaciones que se desarrollan basadas en este protocolo deben ser responsables del manejo de la confiabilidad en la transmisión de información. El protocolo TCP, a diferencia del anterior, define un servicio de entrega de paquetes orientado a conexión. Es un servicio confiable, y se basa en el establecimiento de conexiones para la transmisión de la información. Estas conexiones corresponden a circuitos virtuales y no a circuitos físicos, pues es IP el que en últimas transmite la información.

0	4	10	16	24	31
PUERTO FUENTE			PUERTO DESTINO		
NÚMERO DE SECUENCIA					
NÚMERO DE ACUSE DE RECIBO (NÚMERO DE ACK)					
HLEN	RESERVADO	CODE BITS	VENTANA		
SUMA DE VERIFICACIÓN (CHEKSUM)			PUNTO DE URGENCIA (PUNTERO)		
OPCIONES (SI LAS HAY)				RELLENO	
DATOS					

Figura 2: Formato de un segmento TCP con un encabezado TCP seguido de datos. *Los segmentos se utilizan para establecer conexiones, así como para transportar datos y acuses de recibo.*

Son muchas las aplicaciones que se han desarrollado sobre redes que usan los protocolos TCP/IP, pero es importante que algunas de éstas sean de carácter obligatorio en cualquier implementación de TCP/IP. Ello permite garantizar que en el momento de utilizar redes TCP/IP se cuente con un conjunto mínimo de aplicaciones que permiten utilizar la red sin las demoras que exigen el desarrollo de las mismas. Algunos de estos servicios corresponden a la apertura de sesión remota, especificado por el protocolo TELNET; la transferencia de archivos, especificado por el protocolo FTP, y el correo electrónico, especificado por el protocolo SMTP.

Para lograr la comunicación entre computadores a través de las redes es necesario poder identificar plenamente los nodos de la red. Para ello, en TCP/IP existe el concepto de las direcciones IP. Debido a la premisa de que en TCP/IP es fundamental la interconexión de redes, la implementación de las direcciones IP maneja la identificación propia de las redes, y al interior de las redes, la identificación de los nodos que la conforman.

Las direcciones IP consisten en una secuencia de 32 bits divididos en grupos de 8, de tal forma que se obtienen 4 grupos (cada grupo equivale a un byte u octeto). A partir de ello se crea una estructura de direccionamiento que contiene diferentes clases de direcciones. La notación de las direcciones se realiza mediante cuatro números (generalmente decimales, aun cuando es posible

utilizar notación octal o hexadecimal) separados por puntos N.N.N.N, donde cada N es un número cuyo valor está en el rango 0 a 255.

Toda dirección se divide en dos partes: la primera identifica la red y la segunda al nodo dentro de dicha red. Las direcciones se han dividido en clases de la siguiente manera:

Las direcciones clase A, utilizan 7 bits para la identificación de la red, y 24 bits para la identificación de los nodos dentro de la red (el primer bit del primer octeto es siempre 0). Las direcciones clase B, utilizan 14 bits para la identificación de la red (6 bits del primer octeto y el segundo octeto) y 16 bits para la identificación de los nodos dentro de la red (el primero y segundo bit del primer octeto es siempre 1 y 0, respectivamente). Las direcciones clase C, utilizan 21 bits para la identificación de la red (5 bits del primer octeto, el segundo y el tercero) y 8 bits para la identificación de los nodos dentro de la red (el primero, segundo y tercer bit del primer octeto es siempre 1, 1 y 0, respectivamente). Esta estructura de direccionamiento permite un número pequeño de redes clase A (128), cada una con un número grande de nodos (hasta 16.777.216), un número mediano de redes clase B (14.284), cada una con un número relativamente grande de nodos (hasta 65.535), y un gran número de redes clase C (2.097.152), cada una con un número moderado de nodos (hasta 255). En cada categoría existe un número (todos los bits en cero o todos en 1) que está reservado o tiene

algún significado especial (ello reduce un poco los valores mencionados). Ver figura 3.

nologías de red, Ethernet no tiene una autoridad central para garantizar el acceso. El esquema de acceso de Ethernet

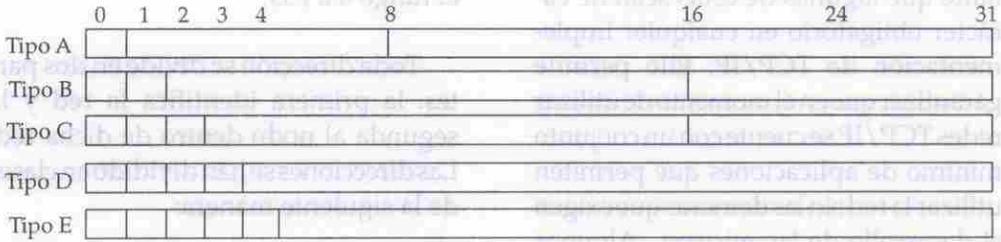


Figura 3: Las cinco formas de direcciones Internet (IP)

3. TECNOLOGÍA ETHERNET

ETHERNET es el nombre que se le ha dado a una popular tecnología LAN de conmutación de paquetes inventada por XEROX PARC a principios de los años setenta. Xerox Corporation, Intel Corporation y Digital Equipment Corporation estandarizaron Ethernet en 1978. Ethernet se ha vuelto una tecnología LAN popular; muchas compañías, medianas y grandes, utilizan Ethernet.

es conocido como *Carrier Sense Multiple Access con Collision Detect (CSMA/CD)*. Es un CSMA debido a que varias máquinas pueden acceder a la red Ethernet de manera simultánea y cada máquina determina si el cable ether está disponible al verificar si está presente una onda portadora.

La red Ethernet es una tecnología de bus de difusión a velocidades de 10/100/1000 Mbps. Es un bus debido a que todas las estaciones comparten un solo canal de comunicación; es de difusión porque todos los transceptores reciben todas las transmisiones. El control de acceso en las redes Ethernet es distribuido porque, a diferencia de algunas tec-

La trama de Ethernet es de una longitud variable, pero no es menor a 64 octetos ni rebasa los 1.518 octetos (ver figura 4). Como en todas las redes de conmutación de paquetes, cada trama de Ethernet contiene un campo con la información de la dirección destino, como también un campo con la dirección fuente. Además de todo esto, cada trama transmitida por Ethernet contiene un preámbulo, un campo tipo, un campo de datos y una Cyclic Redundancy Check (verificación por redundancia cíclica o CRC).

Preámbulo	Dirección de Destino	Dirección Fuente	Datos de Trama	Tipo de Trama	CRC
8 octetos	6 octetos	6 octetos	2 octetos	64-1.500 octetos	4 octetos

Figura 4: Formato de Trama Ethernet

4. GENERALIDADES DE FRAME RELAY

Protocolo concebido como parte del estándar RDSI que pronto se desmarcó del conjunto de los servicios integrados, con el fin de ser utilizado para la conexión de redes WAN de alto desempeño que opera en las capas físicas y de enlace de datos, debido a sus peculiares características de alta velocidad de transmisión de datos. Originalmente estaba destinado como servicio de conexión de dispositivos con una gran cantidad de datos de salida en períodos de corta duración. Hoy en día se utiliza también a través de una gran variedad de interfases de otras redes. Este trabajo se ocupa de las especificaciones y aplicaciones en el contexto de los servicios WAN. La lentitud con la que se ha ido asentando la tecnología RDSI en la mayoría de los países hizo considerar la utilización de modo independiente del protocolo Frame Relay.

Se basa en el principio de conmutación de paquetes, lo que lo hace bueno para transferencias de datos. Dichos datos se dividen en tramas de longitud variable, y cada una de ellas contiene información acerca del direccionamiento que se debe seguir. La principal diferencia con la conmutación de paquetes es que ésta trabaja a nivel 3 del modelo OSI, mientras que Frame Relay trabaja a nivel 2, pero sin incluir todas las funciones típicas de esta capa, e implementa las siguientes funciones de dicha capa:

- *Chequear la posibilidad de error.* Si se ha producido alguno, entonces se descarta la trama.
- *Leer la información de direccionamiento de la trama y colocar la trama de entrada en su salida correspondiente.*
- *Chequear si el nodo Frame Relay está congestionado,* en cuyo caso modificará los bits de notificación de la congestión o descartará tramas.

Las interfaces Frame Relay que proporcionan servicios de interconexión a LAN's soportan unas tramas máxima de hasta 1.600 octetos, de tamaño variables de hasta 8 Kbps (Kilobits por segundo) y velocidades de hasta 2 Mbps (esto se debe a ciertos estándares). FR garantiza que las tramas llegan libres de error y en el orden correcto, pero no informan sobre tramas perdidas ni trata de recuperar tramas erróneas.

Frame Relay proporciona conexiones entre usuarios a través de una red pública, del mismo modo que lo haría una red privada con circuitos punto a punto. De hecho, su gran ventaja es la de reemplazar las líneas privadas por un sólo enlace a la red. El uso de conexiones implica que los nodos de la red son conmutadores, y las tramas deben llegar ordenadas al destinatario, ya que todas siguen el mismo camino a través de la red.

4.1. Trama FRAME RELAY

Una trama FR está compuesta por un

par de banderas (FLAGS inicial y final), un campo de Dirección/control (DLCI, C/R, EA, FECN, BECN, DE), un campo de la información y un campo de Secuencia de Verificación de Trama (FSC). (Ver figura 5). A continuación hablaremos de cada una de ellas.

- **Flag:** Todas las tramas comienzan y terminan con 01111110.
- **Identificador de conexión de enlace (DLCI):** Dirección de 10 bits (concatenación de ambas partes DLCI de los dos octetos).
- **Bit de indicación comando/respuesta (CR):** No se utiliza en el protocolo FR pero puede ser modificado por los usuarios, sin que esto afecte el estado de la red.
- **Bits de dirección extendida (EA):** La trama básica de F.R. contiene 2 octetos en cuyo interior se haya el DLCI de 10 bits, pero es posible extender este campo para utilizar direcciones de más de 10 bits. El bit EA indica cuándo el octeto actual es el último del campo cabecera. Para una cabecera de 2 bytes, el primer bit EA es 0 y el segundo es 1.

- **Bit de notificación de congestión hacia adelante (FECN):** Es modificado por la red para notificar al usuario que se puede producir congestión en la dirección de la trama que transporta la indicación FECN.
- **BECN:** Tiene el mismo sentido que FECN pero en la dirección contraria a la que sigue la trama cuyo bit BECN está activado.
- **Bit de posibilidad de descarte (DE):** Importante en situaciones de congestión para indicar que la trama que lo tiene activo debe ser descartada antes que una que no lo tenga. Puede ser modificado por la red o por el usuario. La red nunca lo desactivará una vez activado. Como comentario, añadir que no sólo se descartan tramas con bit DE = 1.
- **Campo de información:** Tamaño máximo de 1.600 bytes.
- **FCS:** Se trata de dos octetos que contienen el CRC de la trama obtenido a través del polinomio CCITT ($x^{16}+x^{12}+x^5+1$). Opera con todos los bits, excepto con los flags.



Figura 5: Trama Frame Relay

Frame Relay no contiene información de señalización ni de estado, sino que está contenida en un canal de mantenimiento aparte (un DLCI separado) que sólo tiene significado local. A este procedimiento se le conoce como «señalización fuera de banda».

4.2. Conceptos de Interconexión

Frame Relay es un protocolo WAN de alto desempeño que opera en las capas física y de enlace de datos del modelo OSI. Fue diseñada para ser utilizada a través de las ISDN (Interfaces de la Red Digital de Servicios Integrados). Hoy en día se utiliza también a través de una gran variedad de interfaces de otras redes.

Frame Relay además es una tecnología de conmutación de paquetes, por lo cual las estaciones terminales comparten el medio de transmisión de la red de manera dinámica, así como el ancho de banda disponible. Los paquetes de longitud variable se utilizan en transferencias más eficientes y flexibles. Estos paquetes se conmutan entre los diferentes segmentos de la red hasta llegar a su destino.

Frame Relay cuenta con dispositivos que se clasifican en dos categorías generales: DTE (Equipo Terminal de Datos) y DCE (Equipo de Conmutación de Datos). Los DTEs se consideran equipos terminales para una red específica, y por lo general se localizan en las instalaciones del cliente. De hecho, pueden ser del cliente. Algunos ejemplos

de dispositivos DTE son las terminales, computadores personales, ruteadores y puentes. Los DCE son dispositivos de interconectividad de redes propiedad de la compañía de larga distancia. El propósito del equipo DCE es proporcionar los servicios de temporización y conmutación en una red, que son en realidad los dispositivos que transmiten datos a través de la WAN.

Frame Relay ofrece comunicación de la capa de enlace de datos orientada a la conexión. Esto significa que hay una comunicación definida entre cada par de dispositivos y que estas conexiones están orientadas con el identificador de conexión. Este servicio se implementa por medio de un *circuito virtual Frame Relay*, que es una conexión lógica creada entre dos DTE (Equipos Terminales de Datos) a través de una PSN (Red de Conmutación de Paquetes) de Frame Relay.

Estos circuitos ofrecen una trayectoria de comunicación bidireccional de un dispositivo DTE a otro y se identifican de manera única por medio de DLCI (Identificador de Conexión del Enlace de Datos). Se puede multiplexar una gran cantidad de circuitos virtuales en un solo circuito físico para transmitirlos a través de la red. Con frecuencia, esta característica permite conectar múltiples dispositivos DTE con menos equipo y una red menos compleja. Un circuito virtual puede pasar por cualquier cantidad de dispositivos intermedios DCE (switches) ubicados en la red Frame Relay PSN.

Los circuitos virtuales Frame Relay caen dentro de dos categorías: SVCs (Circuitos Virtuales Conmutados) y PVCs (Circuitos Virtuales Permanentes).

Los SVCs son conexiones temporales que se utilizan en situaciones en las que se requiere solamente de una transferencia de datos esporádica entre los dispositivos DTE a través de la red Frame Relay. La operación de una sesión de comunicación a través de un SVC consta de cuatro estados:

- Establecimiento de la llamada
- Transferencia de datos
- Ocioso
- Terminación de la llamada

Una vez finalizado un circuito virtual, los dispositivos DTE deben establecer un nuevo SVC si hay más datos que intercambiar. Se espera que los SVC se establezcan, conserven y finalicen utilizando los mismos protocolos de señalización que se usan en ISDN. Sin embargo, pocos fabricantes de equipo DCE Frame Relay soportan SVCs; por lo tanto, su utilización real es mínima en las redes Frame Relay actuales.

Los PVCs son conexiones establecidas en forma permanente, que se utilizan en transferencia de datos frecuentes y constantes entre dispositivos DTE a través de la red Frame Relay. La comunicación a través de un PVC no requiere los estados de establecimiento de llamada y finalización que se utilizan en los SVCs. Siempre operan en

alguno de los estados siguientes:

- **Transferencia de datos:** Los datos se transmiten entre los dispositivos DTE a través del circuito virtual.
- **Ocioso:** Ocurre cuando la conexión entre los dispositivos DTE está activa, pero no hay transferencia de datos.

A diferencia de los SVCs, los PVCs no se darán por finalizados en ninguna circunstancia, ya que se encuentran en un estado ocioso.

Al establecer un circuito virtual, el usuario negocia con la red tres parámetros de dimensionamiento de PVC, CIR, Bc y Be, que definen las características de rafagueo (*burstiness*) de su tráfico.

- **CIR (Committed Information Rate):** Tasa a la cual la red se compromete, en condiciones normales de operación, a aceptar datos desde el usuario y transmitirlos hasta el destino.
- **Bc (Committed Burst Size, o ráfaga comprometida):** Es la cantidad de bits transmitidos en el período T (normalmente inferior a 8 segundos) a la tasa CIR ($CIR = Bc / T$). En las redes Frame Relay se permite al usuario enviar picos de tráfico a la red por encima de CIR, durante intervalos de tiempo muy pequeños, incluidos en el período T.
- **Be (Excess Burst Size, o ráfaga en exceso):** Es la cantidad de bits transmiti-

dos en el período T por encima de la tasa CIR. Si la red tiene capacidad libre suficiente, admitirá la entrada de este tipo de tráfico en exceso (trama 3 del ejemplo), marcándolo con DE activo.

Por ejemplo, si la velocidad de acceso (AR) es de 64 Kbps, la duración (s) de las ráfagas es de 1.5 segundos y el tiempo (T) entre ráfagas es de 6 segundos, entonces el Bc es de 96 Kb y el CIR es de 16 Kbps (figura 6).

Si el tráfico de un usuario excede su CIR (Bc bits en T segundos), el nodo de acceso a la red enciende el indicador de elegibilidad para ser descartado (bit DE) de todas las tramas en exceso.

Finalmente, el tráfico de un usuario que exceda Bc en más de una cierta cantidad Be (*excess burst size*) durante un intervalo de tiempo T (figura 7), se descarta en el nodo de acceso de la red. (En algunas redes es posible programar el nodo de acceso para que deje pasar este tráfico en exceso con el bit DE encendido (*graceful discard*)). La cantidad $(Bc+Be)/T$ se conoce como EIR (*Excess Information Rate*).

Frame Relay trata de resolver un problema de congestión mediante los bits de notificación explícita de congestión (BECN y FECN) de las tramas, que notifican a los usuarios emisor y receptor, respectivamente, que hay estado de congestión moderada en la red y que debería reducirse el flujo de información.

Si se presenta un estado de congestión más grave, la red comienza a descartar tramas, e inicia con aquellas que tienen el bit DE encendido.

Para poder utilizar una red Frame Relay, el cliente del servicio debe conectar su ambiente de cómputo interno a un enrutador (si se trata de una red local) que contenga una tarjeta que maneje Frame Relay o a un FRAD (*Frame Relay Access Device*). (Ver figura 8).

Un FRAD es un dispositivo multiprotocolo que recibe datos por sus puertos seriales, los encapsula en tramas y los envía a la red Frame Relay. En el sentido inverso, recibe tramas de la red Frame Relay, desencapsula los datos y los envía al puerto correspondiente. Es

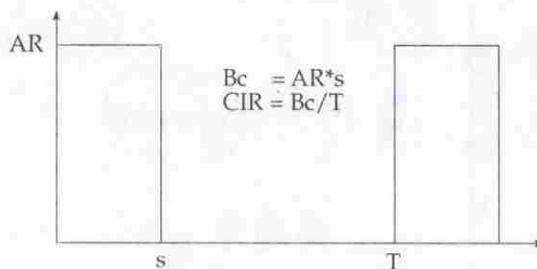


Figura 6: Relación gráfica simplificada entre AR, Bc y CIR

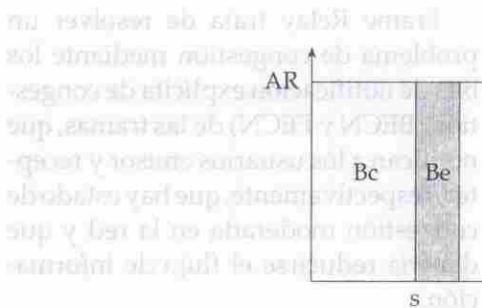


Figura 7: Bits comprometidos B_c , en exceso B_e y descartados

importante mencionar que las funciones de un FRAD pueden ser realizadas internamente por un nodo de la red Frame Relay.

Los circuitos virtuales Frame Relay se identifican a través de los DLCIs (Identificadores de Conexión del Enlace de Datos). Normalmente, los valores de DLCI son asignados por el proveedor del servicio Frame Relay (en un caso, la compañía telefónica). Los DLCIs Frame Relay tienen un significado local, lo que significa que los valores en sí mismos no son únicos en la WAN Frame Relay. Por ejemplo, dos dispositivos DTE co-

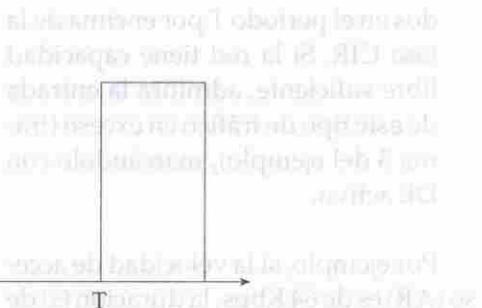


Figura 7: Bits comprometidos B_c , en exceso B_e y descartados

nectados a través de un circuito virtual pueden usar un valor diferente de DLCI para hacer referencia a la misma conexión.

La red Frame Relay obtiene datos de los usuarios en las tramas recibidas, comprueba que sean válidas, y las enruta hacia el destino, indicado en el DLCI del campo «dirección». Si la red detecta errores en las tramas entrantes, o si el DLCI no es válido, la trama se descarta. Los datos de los usuarios se encapsulan en el campo «Información», de longitud variable que permite transmitir un paquete entero de protocolos LAN.

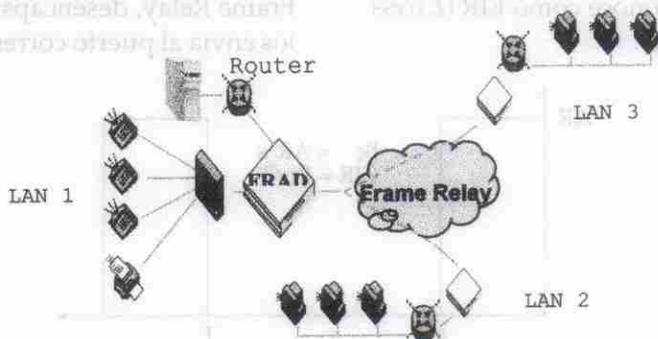


Figura 8: Conexión de LAN's con Frame Relay por medio de un FRAD

La figura 9 representa cómo se transmite la información de dos usuarios.

Lo primero es conectar a los usuarios mediante un acceso Frame Relay (puerto en el nodo de la red más línea de acceso). Después hay que definir en la red un PVC entre los accesos, que es el camino lógico para la transmisión de información. Un usuario puede definir más de un PVC hasta distintos destinos a través de un único acceso Frame Relay. Este concepto se llama «multiplexación estadística». El tráfico entrante en la red, por encima de $B_c + B_e$, es el descartado directamente en el nodo de entrada (trama 4 del la figura 9b).

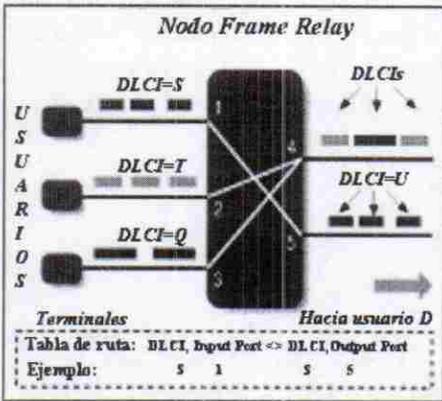


Figura 9a: Nodo de Frame Relay

5. EJEMPLO DE INTERCONEXIÓN DE UNA RED TCP/IP A TRAVÉS DE UNA RED WAN FRAME RELAY

Los principales nodos en una red Frame Relay son los switches y los dispositivos de acceso. Los switches son los encargados de enrutar las conexiones vir-

tuales entre los diferentes enlaces físicos, de manera que se pueda establecer un camino en la red para los PVCs y SVCs. Los «dispositivos de acceso» son los encargados de permitir a los usuarios terminales el acceso a la red Frame Relay, y entre los más comunes tenemos algunos *routers* y *bridges* (con capacidad de acceder redes Frame Relay), los FRADs (*Frame Relay Access Devices*), etc. En la figura 10 se ejemplifica con una red hipotética la comunicación a través de Frame Relay.

En esta red tenemos 5 nodos en diferentes ciudades del país, por lo cual la red es del tipo WAN. En cada una de las

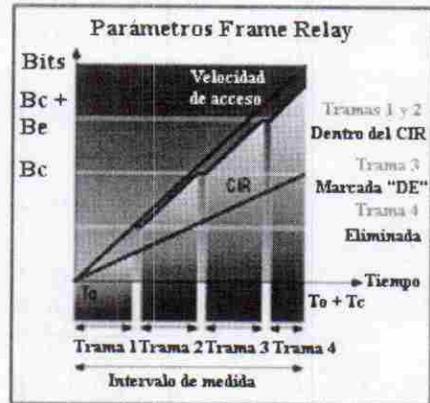


Figura 9b: Parámetros de Frame Relay

ciudades existe un switch Frame Relay, pero sólo 4 tienen dispositivos de acceso (*routers*), por lo que el nodo de Maracay no permite acceso a la red, sino que sólo sirve como elemento de tránsito.

En la figura 10 los enlaces físicos están representados como S_1, S_2, S_3, \dots ; así, desde Valencia se accede a la red

por el enlace S1 del switch de esa ciudad, mientras que en Puerto Ordaz se hace por el enlace S2. Los enlaces soportan las conexiones virtuales o DLCs, las cuales vienen identificadas por los DLCIs respectivos; de esta manera, mientras que el enlace S1 del switch de Caracas soporta 3 DLC, cuyos DLCIs son 55, 429 y 28, el enlace S3 soporta un sólo DLC, cuyo DLCI es 120.

Los enlaces tienen un significado local, dado que cualquier switch puede tener un enlace denominado S1, S2, etc. De igual forma, los DLCs también tienen un significado local, dado que en un switch dos enlaces diferentes pueden tener DLCs con un mismo DLCI; así, en el enlace S1 del switch de Maracaibo se tiene un DLC con un DLCI de 55, al igual que en el enlace S3 del

mismo switch, y sin embargo los DLCs pertenecen a PVCs diferentes (se asume que no hay conexiones SVC).

Las conexiones extremo-a-extremo PVC o SVC se forman de la concatenación de diferentes DLCs entre los switches Frame Relay; por ejemplo, Maracaibo tiene dos PVCs: una contra Valencia y otra contra Caracas. La conexión Maracaibo-Valencia es de la siguiente manera: Maracaibo S1-71 -> Maracaibo S3-55 -> Maracay S1-55 -> Maracay S3-55 -> Valencia S2-55 -> Valencia S1-55. La conexión Maracaibo-Caracas es así: Maracaibo S1-55 -> Maracaibo S2-120 -> Caracas S3-120 -> Caracas S1-28. De igual forma, Caracas tiene PVCs contra Valencia, Puerto Ordaz y Maracaibo; Valencia tiene PVCs contra Caracas, Maracaibo y Puerto Ordaz; y Puerto

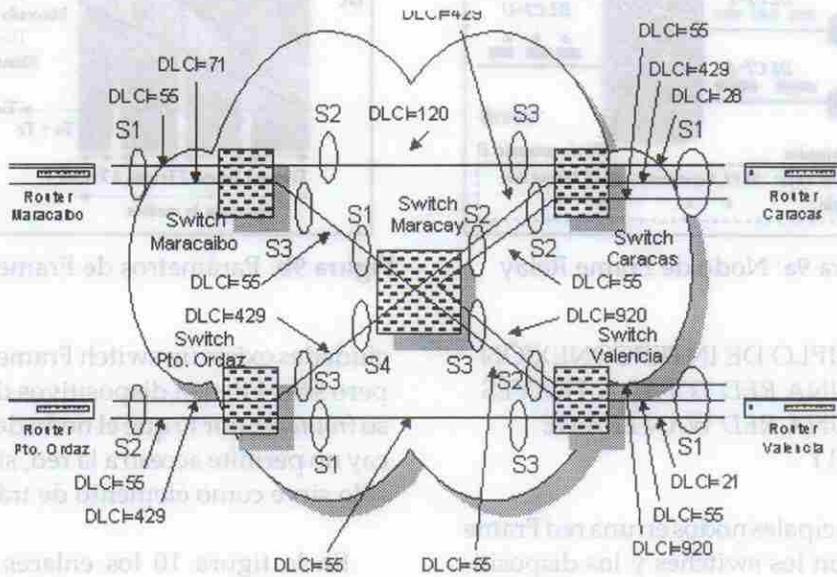


Figura 10: Comunicación a través de una red Frame Relay

Ordaz tiene conexiones contra Caracas y Valencia solamente.

Como puede observarse, en la interconexión entre dos switches, los enlaces Sx no tienen por qué tener el mismo valor en ambos switches, sólo se requiere de ellos que estén conectados físicamente, pero los DLCIs sí deben mantener el mismo valor, ya que como la conexión no es física sino lógica, la red se vale de los valores DLCI para establecer las conexiones; por ejemplo, los enlaces S2 y S3 de Maracaibo y Caracas, respectivamente, se interconectan para implementar un único enlace, pero el DLC que transportan tiene un DLCI de 120 en ambos switches.

A fin de poder implementar la interconexión necesaria, cada switch dispone de una tabla de enrutamiento en la que se especifica qué DLCs debe conectar el switch entre sí. En la tabla se especifica el enrutamiento de todos los nodos de la red:

CONCLUSIONES

El sistema Frame Relay ha mantenido una posición madura de tecnología que ha sido desplegada en masa por gerentes de Red alrededor del mundo. El ímpetu se ha construido alrededor, ya que maneja la tecnología del próximo milenio. Manejan dos criterios básicos como una red primaria de usuario final y una infraestructura subyacente disponible para otros ofrecimientos.

La tecnología Frame Relay ha sido aceptada a nivel global y desplegado ampliamente, y ha construido su propio imperio con sus propias bases.

De esta forma continuará jugando un papel integral en la capa de conectividad en las redes según el modelo OSI, y su acelerado crecimiento permite tener una visión de todas las implementaciones que se han de esperar con esta tecnología.

Enrutamiento en la Red

NODO	A	B
Caracas	S1-28	S3-120
Caracas	S1-429	S1-429
Caracas	S1-55	S2-5
Maracaibo	S1-55	S2-120
Maracaibo	S1-71	S3-5
Maracay	S1-55	S3-55
Maracay	S2-429	S4-429
Maracay	S2-55	S3-920
Puerto Ordaz	S2-429	S3-429
Puerto Ordaz	S2-55	S1-55
Valencia	S1-920	S2-920
Valencia	S1-55	S2-55
Valencia	S1-21	S3-55

