

## REDES DE ÁREA AMPLIA Y TECNOLOGÍAS DE ACCESO: RETRANSMISIÓN DE TRAMAS, ATM, ADSL Y CABLE

Los encaminadores pueden utilizar diversas tecnologías de red de área amplia y de acceso con el propósito de interconectar las redes de área local y extender su alcance, conformando un sistema completamente unificado que se basa en el protocolo IP. En este capítulo se aborda el protocolo de retransmisión de tramas (Frame Relay), que es un protocolo maduro que está siendo ampliamente reemplazado por el protocolo de conmutación de etiquetas (MPLS: Multiprotocol Label Switching). Al abordar el protocolo de retransmisión de tramas, se revisa el concepto de circuito virtual permanente o PVC.

En la sección “Información complementaria”, se discute la configuración básica de un encaminador para el uso de las tecnologías ATM, ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) y de Cable. El estudio de la tecnología MPLS queda por fuera del alcance de este libro por lo amplio del tema; para tener una descripción detallada de MPLS y de sus características, se recomienda el texto *MPLS Fundamentals* de Luc De Ghein (Cisco Press).

### OBJETIVO

Al finalizar la presente unidad, el estudiante estará en capacidad de:

- Configurar la interfaz serie del encaminador para que opere usando el protocolo Frame Relay.
- Monitorear la operación del protocolo Frame Relay en el encaminador.
- Configurar un encaminador en escenarios básicos que demanden su conexión a las tecnologías ATM, ADSL y Cable módem.

## PROCEDIMIENTO

### **Configuración del protocolo de retransmisión de tramas –Frame Relay– *Términos y características claves de Frame Relay***

Frame Relay funciona en las dos capas inferiores del modelo OSI –capa física y capa de enlace– y tiene algunas características en común con las tecnologías de WAN antiguas como X.25, en el sentido de permitir que varios circuitos transiten por un solo enlace físico, en este caso, multiplexa dichos circuitos a nivel de la capa 2 del modelo OSI. A diferencia de X.25, Frame Relay ofrece un servicio más fluido, permitiendo obtener altas velocidades de transferencia gracias a que proporciona un servicio no confiable –sin control de error, sin reconocimientos y sin control de flujo entre los nodos intermedios– basado en la filosofía del mejor esfuerzo. Frame relay asume que el medio de transmisión es altamente confiable y que los errores marginales y el control de flujo serán problemas resueltos por los protocolos superiores de los sistemas finales.

Frame Relay es un servicio de enlace de datos principalmente orientado a la conexión, y por su alto desempeño es muy adecuado para interconectar redes LAN a través de una red WAN. Los encaminadores se comportan como DTE y se conectan directamente a los nodos de conmutación Frame Relay de la WAN, los cuales se comportan como DCE.

Particularmente, en el caso de que un encaminador proporcione conmutación local de los DLCI (Data link connection identifiers) sobre sus interfaces seriales Frame Relay, estas interfaces se deben especificar como DCE.

Frame Relay opera principalmente sobre circuitos virtuales permanentes (PVC), esto significa que las conexiones son estáticas y que la operación de dichos circuitos se logra mediante un comando de configuración. Múltiples PVC pueden interconectar diferentes DTE a sus destinos a través de la infraestructura física de la red Frame Relay. El “identificador de conexión de enlace de datos”, o DLCI, identifica a cada PVC, proporcionando con esto un mecanismo de direcciones que permite conectar los encaminadores que operan en modo Frame Relay a un servicio de WAN Frame Relay.

La interfaz de administración local o LMI (Local Management Interface) hace referencia general al procesamiento adicional requerido para establecer y mantener las diferentes conexiones entre el encaminador y el nodo Frame Relay (también denominado switch Frame Relay). Ésta mantiene información relativa al establecimiento de los PVC, a las solicitudes de estado, al intercambio de “keepalives” y a la utilización de los DLCI.

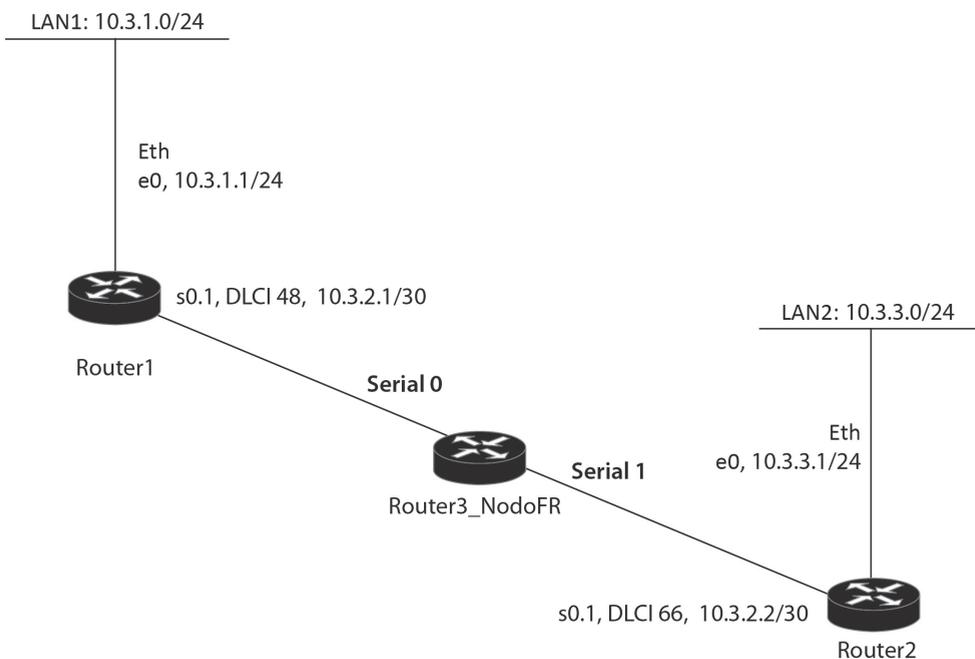
Los encaminadores Cisco soportan 3 tipos de LMI:

- LMI ANSI: T1.167 - Annex D.
- LMI ITU-T: Q.933 - AnnexA (Signaling).
- LMI CISCO: Grupo de los cuatro (Cisco, DEC, Northern Telecom, StrataCom).

Al configurar una conexión de un encaminador para conectarlo a una red Frame Relay, se debe escoger el tipo apropiado de LMI para conseguir su correcta operación.

### **Configuración Frame Relay básica**

Basados en la red de la Figura 8.1 y en las direcciones DLCI e IP de las interfaces seriales de los encaminadores R1 y R2, se procederá a realizar la configuración de los encaminadores R1 y R2.



El encaminador R3 hace las veces de una red Frame Relay

**Figura 8.1 LAN1 se interconecta con LAN2 por medio de R1 y R2.**

Para el encaminador R1 la configuración debe ser la siguiente:

```

R1(config)# interface serial 0
R1(config-if)# ip address 10.3.2.1 255.255.255.0
!
!Asigna una dirección DLCI a la interfaz (no siempre es necesario hacerlo)
R1(config-if)# frame-relay interface-dlci 48 (valor en el rango 16 a 1007)
!
!Habilita encapsulado sobre Frame Relay usando o no el estándar IETF (RFC1294/1490)
R1(config-if)# encapsulation frame-relay [IETF|CISCO]
!
!Establece que el tipo de LMI usado se base en CCITT (ITU-T Q933a), Cisco o ANSI
!!(no siempre es necesario hacerlo)
R1(config-if)# frame relay lmi-type [ccitt|cisco|ansi]
!
!Establece una asociación estática de la IP del próximo salto con el DLCI local
!!(no siempre es necesario hacerlo)
R1(config-if)# frame-relay map ip 10.3.2.2 48 broadcast

```

Para el encaminador R2 la configuración debe ser la siguiente:

```

R2(config)# interface serial 0
R2(config-if)# ip address 10.3.2.2 255.255.255.0
R2(config-if)# frame-relay interface-dlci 66
R2(config-if)# encapsulation frame-relay [IETF|CISCO]
R2(config-if)# frame relay lmi-type [ccitt|cisco|ansi]
R2(config-if)# frame-relay map ip 10.3.2.1 66 broadcast

```

Para obtener dentro de la misma interfaz serie física, varias interfaces serie lógicas o subinterfaces, la interfaz serie principal se configura en forma general de la siguiente manera.

```

R1(config)# interface serial 0/0
R1(config-if)# encapsulation frame-relay [IETF|CISCO]

```

Posteriormente, para configurar particularmente cada una de las subinterfaces punto a punto (point-to-point) que se requieran, se utilizan los siguientes comandos (denominados comandos de subinterface).

```

!para la primera subinterfase
R1(config)# interface serial 0/0.1 point-to-point
R1(config-if)# ip address 10.3.2.1 255.255.255.0
R1(config-if)# frame-relay interface-dlci 48
!
!para la segunda subinterfase
R1(config)# interface serial 0/0.2 point-to-point
R1(config-if)# ip address 10.3.4.1 255.255.255.0
R1(config-if)# frame-relay interface-dlci 49

```

Observe que, para el caso en que se requiera conectar un encaminador Cisco modelo 2503 con un nodo Frame Relay, es requisito configurar en el encaminador 2503, el *frame relay lmi-type*, de acuerdo con el tipo de LMI del nodo Frame Relay. Lo anterior se debe a que los equipos Cisco 2503 no aprenden de manera automática el tipo de LMI usado por el nodo Frame Relay.

La configuración del encaminador R3 para que haga la función de nodo Frame Relay y conmute el PVC por los puertos seriales S0 (hacia S0/0 de R1) y S1 (hacia S0/0 de R2), puede ser:

```

R3(config)# frame-relay switching

R3(config)# interface serial 0
R3(config-if)# encapsulation frame-relay
R3(config-if)# frame-relay lmi-type ansi
R3(config-if)# frame-relay intf-type dce
R3(config-if)# frame-relay route 48 in s1 66

R3(config)# interface serial 1
R3(config-if)# encapsulation frame-relay
R3(config-if)# frame-relay lmi-type ansi
R3(config-if)# frame-relay intf-type dce
R3(config-if)# frame-relay route 66 in s0 48

```

### **Monitoreo de Frame Relay**

Para monitorear el estado de los DLCI en el lado del encaminador R1, se usa el comando *show frame-relay pvc*. Para verificar la asociación entre el DLCI local y la dirección IP del otro extremo del circuito virtual, se usa el comando *show frame-relay map*.

R1# *show frame-relay pvc*

```
PVC Statistics for interface Serial0 (Frame Relay DTE)

DLCI = 48, DLCI USAGE = LOCAL, PVC STATUS =ACTIVE, INTERFACE = Serial0

input pkts 50 output pkts 40 in bytes 50000
out bytes 40000 dropped pkts 0 in FECN pkts 0
in BECN pkts 0 out FECN pkts 0 out BECN pkts 0
in DE pkts 0 out DE pkts 0
pvc create time 0:00:22 last time pvc status changed 0:00:22
```

R1# *show frame-relay map*

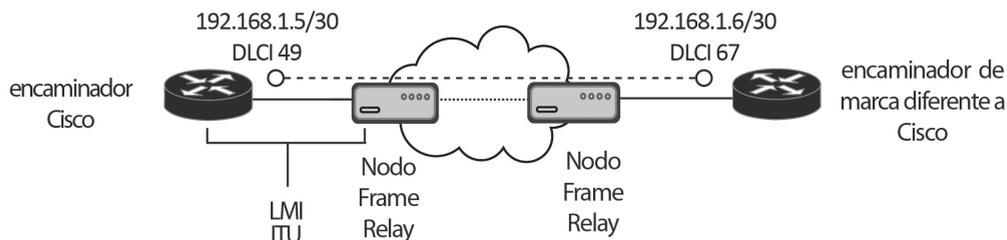
```
Serial0 (up): ip 10.3.2.2 dlci 48(0x30,0xC00), static,
IETF, status known,active
Verifying Frame Relay
```

### INFORME

Usar los programas Configmaker de Cisco y GNS3 para interconectar tres redes de área local –sobre las cuales corren aplicaciones TCP/IP– por medio de tres encaminadores Cisco y una red de área amplia Frame Relay. Realizar la configuración y montaje de la red e interpretar los archivos de configuración.

### EJERCICIOS DE LABORATORIO

En este ejercicio se desea establecer una conexión virtual permanente Frame Relay entre un encaminador Cisco y un encaminador de una marca diferente. Se requiere configurar solamente el encaminador del lado izquierdo de la Figura 8.2, asumiendo que en dicho lado la detección automática del tipo de LMI y el ARP inverso no funcionan bien. También se desea que las actualizaciones de RIP pasen por la conexión virtual permanente de la nube Frame Relay.



**Figura 8.2 Conexión Frame Relay entre dos encaminadores de diferentes fabricantes**

### **Tareas de configuración a realizar**

1. Configure la dirección IP de la interfaz serie.
2. Configure el tipo de encapsulado de la interfaz para que sea Frame Relay.
3. Configure el tipo de LMI en la interfaz.
4. Configure la resolución manual DLCI a IP para Frame Relay.

### **Tareas de monitoreo a realizar**

1. Verifique el tipo de encapsulado en la interfaz.
2. Verifique el estado de LMI.
3. Verifique el estado de la conexión virtual permanente.
4. Verifique la resolución manual DLCI a IP.

## **INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

### **El propósito de LMI**

El propósito de LMI es permitir que un DTE Frame Relay (Encaminador IP) y un DCE Frame Relay (nodo Frame Relay) intercambien información acerca del estado de sus conexiones Frame Relay y acerca de ellos mismos. Para realizar esto, un DTE Frame Relay envía una solicitud LMI (*LMI status enquiry*) al nodo Frame Relay. Asumiendo que el nodo está operando y que entiende el mensaje LMI, éste responderá con el mensaje *Status Reply*. En cierto sentido, esto funciona como un mecanismo *keepalive* en el que el encaminador hace la pregunta: ¿estás ahí?, y el nodo Frame Relay responde: sí, aquí estoy. Por defecto, solamente el DTE origina dichas solicitudes, mientras que el nodo Frame Relay las escucha pasivamente.

Después del envío periódico de varias solicitudes, el DTE envía un mensaje especial de solicitud de estado, denominado “solicitud de estado completa” (*full status update*), en el que se detalla toda la información relacionada con el DTE solicitante. El nodo responderá con una lista de todos los circuitos virtuales (VC) conectados al DTE, sus respectivas direcciones

(DLCI), sus configuraciones (CIR, Bc y Be) y sus estados sobre la interfaz física que lo conecta con el DTE.

Para que funcione la comunicación entre el DTE y el DCE, la información LMI debe viajar sobre un circuito virtual (VC). Tanto el DTE como el DCE deben buscar dicha información en las tramas Frame Relay, por lo cual, ambos deben conocer el DLCI por el cual se intercambian la información LMI. Dependiendo de la implementación LMI que se esté usando (hay tres posibles implementaciones), se reserva un número DLCI para el intercambio LMI, que puede ser uno de los siguientes:

LMI ANSI: T1.167-Annex D → DLCI 0.

LMI ITU-T: Q.933-AnnexA (Signaling) → DLCI 0.

LMI CISCO: Grupo de los cuatro (Cisco, DEC, Northern, StrataCom) → DLCI 24.

Ejemplo: Si un DTE del usuario y un DCE del proveedor funcionan con un LMI de tipo Annex A, entonces todos los mensajes LMI tendrán el DLCI 0 en el encabezado de las tramas Frame Relay.

Un encaminador Cisco, por defecto, genera los mensajes LMI de solicitud de estado cada 10 segundos y en el sexto mensaje LMI genera una solicitud de actualización de estado completa (una vez por minuto).

A partir de la versión 11.2 del IOS, los encaminadores Cisco pueden detectar automáticamente el tipo de LMI. En otras palabras, el usuario no tiene que configurar el tipo de LMI. Con la detección automática, el encaminador enviará una solicitud de estado por cada tipo de LMI posible en el nodo y esperará para ver qué solicitud es contestada por el nodo. Una vez el DTE reciba la respuesta de la solicitud LMI, éste conocerá el tipo de LMI que debe usar para comunicarse con el nodo Frame Relay.

### Estados de los circuitos virtuales

Los circuitos virtuales Frame Relay pueden estar en uno de los tres estados siguientes.

- **Active:** la conexión extremo a extremo entre el DTE local y el DTE remoto está arriba y operacional.
- **Inactive:** la conexión entre el DTE local y el DCE local está arriba y operacional, pero hay algo malo entre el DCE local (al cual se conecta el DTE local) y el DTE remoto del otro extremo.
- **Deleted:** el DTE local no está recibiendo mensajes LMI del DCE local.

### ***Resolución Dinámica***

En lugar de indicarle manualmente al encaminador la dirección IP de la interfaz del otro extremo del circuito virtual, se puede utilizar un proceso llamado ARP inverso (Inverse ARP), el cual permite que el encaminador descubra automáticamente los circuitos virtuales que terminan en su interfaz y las direcciones IP que tiene el otro extremo de cada circuito virtual.

El encaminador obtiene información acerca del estado de sus circuitos virtuales cuando envía una solicitud de actualización completa de estado al nodo local y obtiene una respuesta de parte de éste; esta actualización de estado es recibida cada minuto. Una vez que el circuito virtual se encuentre en estado activo, el encaminador Cisco ejecutará ARP inverso cada 60 segundos sobre él, teniendo como propósito descubrir la dirección IP del otro extremo del circuito virtual.

Cuando el circuito virtual esté activo, el DTE local enviará una trama especial a través del circuito virtual con destino al DTE remoto. Esta trama contiene información acerca de la dirección de capa 3 del DTE local, como también del hecho de que se está enviando un mensaje ARP inverso. El DTE remoto examina el DLCI de la trama Frame Relay que le llega y extrae la dirección de la capa 3 del mensaje ARP inverso que lleva la trama. El DTE remoto adiciona esta información a su tabla de resolución, y hará lo mismo que el DTE local, una vez descubra que el circuito virtual se encuentra en estado activo. Una vez ambos lados hayan recibido del otro extremo un mensaje ARP inverso, podrán empezar a transferirse datos por medio del circuito virtual. Observe que el circuito virtual debe estar activo para que el ARP inverso tenga lugar.

### ***Configuración de una interfaz ATM***

Suponiendo que el encaminador R1 de la Figura 8.1 tiene una interfaz ATM, se pueden configurar varias subinterfases ATM para que funcionen con circuitos virtuales permanentes de dicha tecnología. A continuación, a modo de ejemplo, se presentan unas líneas del archivo de configuración de R1, que permiten su operación con el circuito virtual permanente número 30, identificado con el VPI/VCI 0/48 –Virtual Path Identifier/Virtual Channel Identifier– por parte del proveedor de la red ATM. El método de encapsulado que se usa en este caso es “aal5snap”; con dicho método, todo tipo de tráfico puede cursar por el mismo circuito virtual. Finalmente, se hace una asociación o mapeo estático entre el circuito virtual permanente y la dirección IP del otro extremo de dicho circuito.

```

interface atm 0/0
no shutdown
!
interface atm 0/0.1
! Se asigna una dirección IP a uno de los extremos del circuito virtual permanente.
ip address 10.3.2.1 255.255.255.0
! Se crea el PVC 30 identificado con un VPI de 0 y un VCI de 48 (equivale al DLCI).
atm pvc 30 0 48 aal5snap
map-group atm-map1
!
map-list atm-map1
ip 10.3.2.2 atm-vc 30 broadcast

```

Como alternativa, se puede habilitar el ARP inverso; con esto se evita tener que hacer el mapeo estático y se simplifica la configuración anterior. Las siguientes líneas de configuración presentan esta opción.

```

interface atm 0/0
no shutdown
!
interface atm 0/0.1
ip address 10.3.2.1 255.255.255.0 inarp
atm pvc 30 0 48 aal5snap

```

### ***Configuración de una interfaz ADSL***

A continuación se sugiere y comenta la configuración de un encaminador Cisco para que funcione con la tecnología ADSL, que es de uso popular para las conexiones de banda ancha (otro método de uso popular es el Cable módem). A modo de ejemplo, se presentan unas líneas del archivo de configuración de un encaminador domiciliario, el cual sirve para acceder a Internet a través de un proveedor de servicios de Internet (ISP). En este caso, se usa el “Traslado de direcciones de red” (Network Address Translation o NAT) y el “Protocolo punto a punto sobre Ethernet” (Point-To-Point Protocol over Ethernet o PPPoE). Este último es usado por los ISP para proporcionar las funciones de autenticación, cifrado y compresión.

En el ejemplo, se supone que el ISP proporciona una conexión ATM mediante un PVC identificado por el VPI/VCI 8/35. También se supone que el ISP proporciona el método de marcación a través de un cliente PPPoE desde el encaminador.

Se habilita y configura VPDN (Virtual Private Dialup Network) para que PPPoE requiera marcación para conectar. La interfaz virtual de marcación

“dialer1” se encarga de la dirección IP pública de la conexión, de la autenticación PPP y de la información NAT externa. La configuración de la interfaz ATM consiste en aplicar el valor del PVC suministrado por el ISP.

```

hostname router-domiciliario
!
! Habilita VPDN.
vpdn enable
!
! Configura un grupo VPDN denominado “pppoe”, este grupo es usado para establecer
! sesiones PPPoE y requiere “marcación” (hace del encaminador un cliente PPPoE).
vpdn-group pppoe
request-dialin
protocol pppoe
!
! Crea la interfaz virtual de marcación “dialer1”, dicha interfaz hace la marcación hacia
! el ISP y es utilizada por la subinterfaz ATM0.1. A la MTU se le restan 8 bytes del
! encabezado de PPPoE. El ISP nos informa nuestro usuario (acceso) y nuestra clave
! (secreto).
interface dialer1
ip address negotiated
encapsulation ppp
ip mtu 1492
ip nat outside
dialer pool 1
ppp authentication pap callin
ppp pap sent-username acceso password secreto
!
interface FastEthernet 0
description ésta es nuestra interfaz interna de red
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
ip nat inside
!
interface ATM0
description ésta es nuestra interfaz ADSL
no ip address
no atm ilmi-keepalive
dsl operating-mode auto
!
! El ISP nos informa que nuestro PVC es 8/35.
! Se le asocia la interfaz virtual de marcación “dialer1” a la subinterfaz ATM0.1
interface ATM0.1 point-to-point
pvc 8/35
protocol pppoe
pppoe-client dial-pool-number 1
!
! Se aplica la lista de acceso 1 para hacer NAT sobre la interfaz “dialer1”.
ip nat inside source list 1 interface dialer1 overload
!
! La ruta por defecto es la interfaz virtual de marcación “dialer1”
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 dialer1
!
! La lista de acceso 1 es utilizada por el comando ip nat inside.
access-list 1 permit 192.168.1.0 0.0.0.255

```

### ***Configuración de una interfaz Cable-modem***

A continuación se sugiere y comenta la configuración de un encaminador Cisco para que funcione con una interfaz cable-modem. En este caso, el encaminador no utiliza PPPoE y se configura para que opere en la capa 3 en modo de “routing” en lugar del modo de “bridging”.

```
interface FastEthernet0
description esta es nuestra interfaz interna de red
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
ip nat inside
!
! Se configura la interfaz “cable-modem 0” para operar en modo de “Routing”
interface cable-modem 0
ip address negotiated
ip nat outside
! Los valores siguientes los proporciona el ISP o son reportados automáticamente por el
! cable-modem.
cable-modem downstream saved channel 500000000 32 1
cable-modem mac-timer t2 60000
! Se escoge el modo “routing” en lugar del modo “bridging”
no cable-modem compliant bridge
!
! Se aplica la lista de acceso 1 para hacer NAT sobre la interfaz “cable-modem0”.
ip nat inside source list 1 interface cable-modem0 overload
!
ip routing
ip classless
!
! La ruta por defecto apunta al encaminador del ISP
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.0.6.21
!
access-list 1 permit 192.168.1.0 0.0.0.255
```

### ***Configuración de la interfaz T1/E1***

El encaminador Cisco 2801 de la Figura 1.2 tiene una interfaz T1/E1 instalada en la posición 0/1/0 (ranura 1). La conexión en modo “back to back” de dos encaminadores 2801 (que denominaremos R1 y R2) a través de dichas interfaces se hace por medio de un cable cruzado UTP categoría 5, el cual tiene la disposición de conectores presentada en la Tabla 8.1.

**Tabla 8.1 Cable de conexión E1 a E1**

RJ48 (de R1)	RJ48 (de R2)
1	4
2	5
4	1
5	2

Para activar la tarjeta T1/E1 (VWIC2-1MFT-T1/E1) de R1 y R2, se puede ejecutar el siguiente comando –escoger solamente una opción: t1 o e1.

```
(config)# card type t1|e1 0 1
```

Para conformar el “channel-group 0”, el cual agrupa 15 canales DS0 de 64 Kbps, y tiene el propósito de proporcionar el servicio de canal de datos, se pueden ejecutar los siguientes comandos.

```
(config)# controller t1|e1 0/1/0
(config-controller)# channel-group 0 timeslots 1-15
(config-controller)# cablelength short 133ft
```

Para realizar la configuración y sincronización de la señal de reloj en los equipos R1 y R2, se pueden ejecutar los siguientes comandos.

```
R1(config-controller)# clock source internal
R1(config)# network-clock-participate wic 1

R2 (config-controller)# clock source line
R2 (config)# network-clock-participate wic 1
R2 (config)# network-clock-select 1 t1|e1 0/1/0
```

El comando “*network-clock-participate wic 1*” tiene como finalidad que los equipos R1 y R2 usen el reloj de la línea T1|E1 para sincronizar el reloj de la tarjeta principal (board).

El comando “*network-clock-select 1 t1|e1 0/1/0*” tiene como finalidad que el equipo R2 seleccione el reloj de la línea T1|E1 como “fuente de reloj” del IOS (por defecto, el reloj de la línea T1|E1 está desconectado del backplane). Con esto, el IOS utiliza el reloj de la línea T1|E1 para transmitir datos en las otras interfaces (en lugar de usar el reloj interno del backplane,

lo cual haría por defecto). Lo anterior es equivalente a conectar la señal de reloj recibida en la interfaz T1|E1 al backplane.

La sincronización de los encaminadores se verifica con los comandos “*show controllers t1|e1*” y “*show network-clocks*”. El primer comando no debe presentar errores después de ejecutarse varias veces por un lapso de tiempo de dos minutos.

Finalmente, para configurar la dirección IP y el protocolo de encapsulado del canal de datos, se pueden ejecutar los siguientes comandos en R1 (y los correspondientes comandos en R2).

```
R1(config)# interface serial 0/1/0:0
R1(config-if)# ip address 10.3.2.1 255.255.255.0
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# encapsulation hdlc | frame-relay | atm-dxi
```

Por ejemplo, para usar Frame Relay en una disposición “back to back” entre R1 y R2, se habilita en R1 la operación *frame-relay switching*, en su interfaz serial 0/1/0:0 se encapsula *frame-relay*, dicha interfaz se pone a funcionar en modo *frame-relay intf-type dce*, se le asigna un DLCI y una dirección IP. Respecto a R2, solamente es necesario encapsular *frame-relay* en la interfaz y asignarle una dirección IP a la misma.

## PROBLEMAS

1. Suponga que el encaminador R1 tiene dos conexiones de tipo Frame Relay por medio de los DLCI 48 (con destino a R2) y 49 (con destino a R3). Describa el resultado que se obtiene con las líneas subrayadas en el archivo de configuración de R1 (que definen las clases “clase-A” y “clase-B”). ¿Cuál función realiza la línea resaltada?

```
interface serial0/0
no ip address
encapsulation frame-relay
frame-relay traffic-shaping
!
interface serial0/0.48 point-to-point
ip address 10.3.2.1 255.255.255.0
frame-relay interface-dlci 48
class clase-A
!
```

Continua

Viene

```

interface serial0/0.49 point-to-point
ip address 10.3.4.1 255.255.255.0
frame-relay interface-dlci 49
class class-B
frame-relay payload-compression frf9 stac
!
map-class frame-relay class-A
frame-relay traffic-rate 128000 256000
frame-relay adaptive-shaping becn
!
map-class frame-relay class-B
frame-relay traffic-rate 32000 64000

```

2. En el punto anterior la configuración de Frame Relay utiliza dos subinterfaces punto a punto y dos subredes IP; esta opción es la más recomendada, puesto que se tiene mayor control sobre cada conexión individual. Otra alternativa utiliza solamente una interfaz multipunto en R1 y una subred IP; tal como lo indica el presente archivo de configuración. En este caso ¿cuál es la razón de inhabilitar split-horizon en la interfaz principal cuando se tiene una topología de tipo “parcialmente en malla” (partially-meshed)? ¿Es necesario inhabilitar split-horizon en una topología de tipo “completamente en malla” (fully meshed)?

```

interface serial0/0
no ip address
encapsulation frame-relay ietf
! Inhabilitar split-horizon
no ip split-horizon
no shutdown
!
interface serial0/0.1 multipoint
ip address 10.3.2.1 255.255.255.0
! Escribir todos los DLCI que llegan a R1 y dejar que ARP inverso haga su trabajo
frame-relay interface-dlci 48
frame-relay interface-dlci 49
frame-relay interface-dlci 50

```

## GLOSARIO

***Bc (Committed Burst Rate)***: tráfico promedio (por ejemplo, 8.000 bits) sobre un periodo de tiempo T fijo (por ejemplo, 125 milisegundos) que un proveedor garantizará para un circuito virtual. [ $CIR = Bc/T$ ].

***Be (Excessive Burst Rate)***: tráfico adicional al Bc que un proveedor le proporcionará a un circuito virtual durante el periodo T, pero sin dar garantía de él.

***BECN (Backward Explicit Congestion Notification)***: el nodo Frame Relay del proveedor puede usar este campo del encabezado de una trama Frame Relay que esté fluyendo en dirección contraria al sentido en que se experimenta congestión cuando quiera indicar que hay congestión dentro de la red al dispositivo origen de la trama afectada por la congestión.

***DE (Discard Eligibility)***: campo de una trama Frame Relay utilizado para marcar la trama como de baja prioridad. El proveedor marcará como tramas de baja prioridad aquellas que durante el periodo de tiempo T excedan los valores del Bc (o del CIR).

***DLCI (Data Link Connection Identifier)***: son los valores usados para identificar un extremo de cada circuito virtual en la interfaz física Frame Relay, dichos valores representan las direcciones de los circuitos virtuales en un extremo de la conexión. Esto proporciona la capacidad de multiplexar tráfico para varios destinos sobre la misma interfaz física; para hacer esto, cada conexión requiere tener una dirección única o DLCI en cada extremo. El DLCI tiene significado local y puede cambiarse en cada enlace, el nodo Frame Relay hará los respectivos cambios del valor del DLCI cuando haga el reenvío de las tramas Frame Relay. El rango de DLCI que va desde 0 hasta 15 y desde 1008 hasta 1023 es reservado.

***FECN (Forward Explicit Congestion Notification)***: el nodo Frame Relay del proveedor usará este campo del encabezado de una trama Frame Relay cuando quiera indicarle al dispositivo destinatario de la trama que se presenta congestión dentro de la red.

***LMI (Local Management Interface)***: define cómo el DTE (dispositivo Frame Relay, como, por ejemplo, un encaminador) interactúa con un DCE (nodo Frame Relay).

***Sobre suscripción***: hace referencia a un enlace cuya velocidad de acceso es inferior a la suma de las velocidades de las conexiones lógicas que lo utilizan. Cuando se suman todos los CIR de los circuitos virtuales de una interfaz y el resultado excede el valor de la velocidad de acceso de la interfaz, se le está apostando a que los circuitos virtuales no operarán simultáneamente a sus velocidades contratadas.

**Velocidad contratada o CIR (Committed Information Rate):** es la rapidez contratada para un circuito virtual (por ejemplo, 64.000 bits por segundo) que garantiza el proveedor independientemente de los niveles de congestión en la red.

**Velocidad de acceso o Access Rate:** es la velocidad de la conexión física entre el encaminador del usuario y el nodo Frame Relay del proveedor –puede ser, por ejemplo, un enlace T1 o E1.

## BIBLIOGRAFÍA

- BONEY, J. (2005). *Cisco IOS in a Nutshell*. 2nd Ed. Sebastopol, CA: O'Reilly.
- DE GHEIN, L. (2007). *MPLS Fundamentals*. Indianapolis, IN: Cisco Press.
- DOOLEY, K.; BROWN, I. (2007). *Cisco IOS Cookbook™*. 2nd Ed. Sebastopol, CA: O'Reilly.