



# Capítulo 3: Frame Relay



Ricardo José Chois Antequera

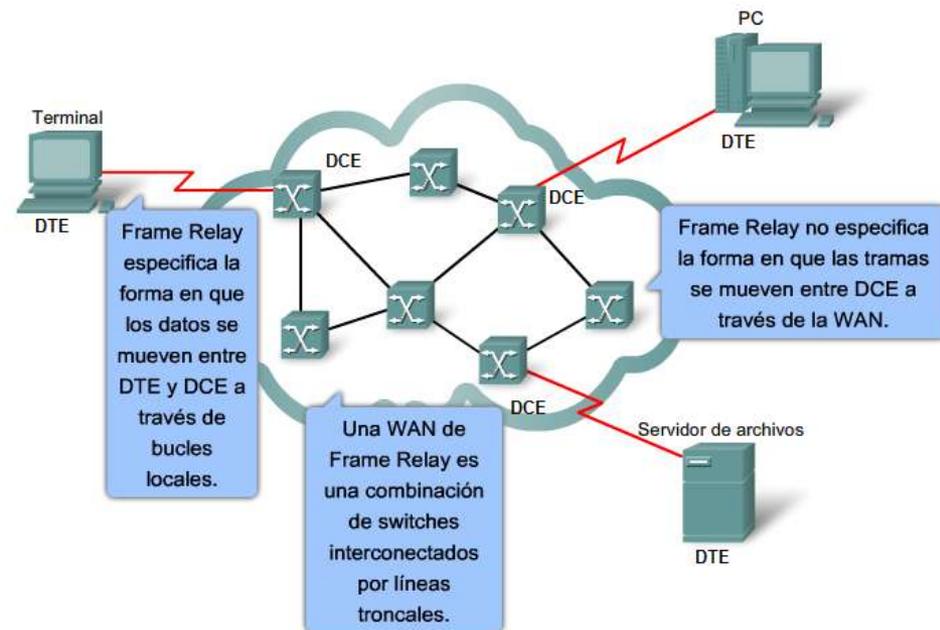
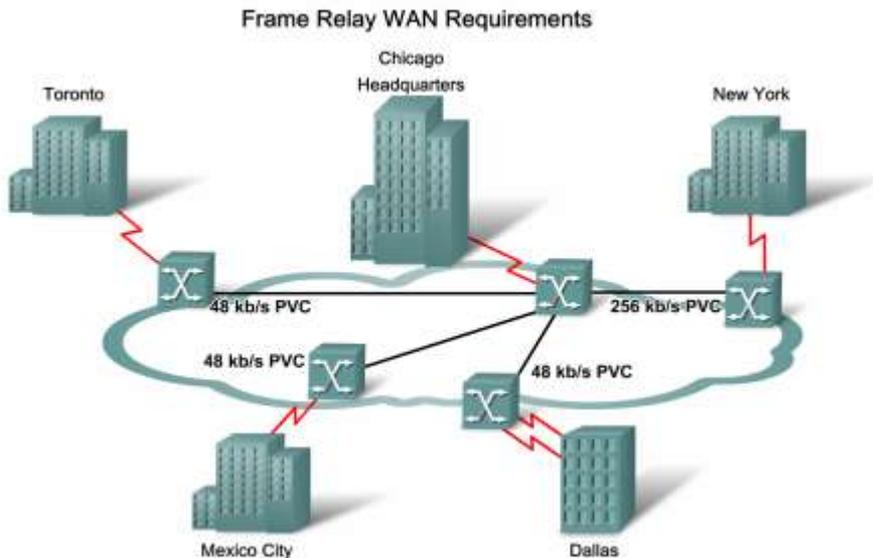
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SOLEDAD ATLÁNTICO - ITSA

# Objetivos

- Describir los conceptos fundamentales de la tecnología Frame Relay en términos de los servicios WAN empresariales incluyendo su operación, requerimientos de implementación, mapas, y operación de LMI.
- Configurar un PVC Frame Relay básico incluyendo la resolución de problemas en la interfaz serial de un router y la configuración del mapeo estático.
- Describir los conceptos avanzados de la tecnología Frame Relay en términos de los servicios WAN incluyendo las sub-interfaces, ancho de banda y control de flujo.
- Configurar un PVC Frame Relay avanzado incluyendo resolución de temas de posibilidad de conexión, configurar sub-interfaces, verificar y resolver problemas en la configuración.

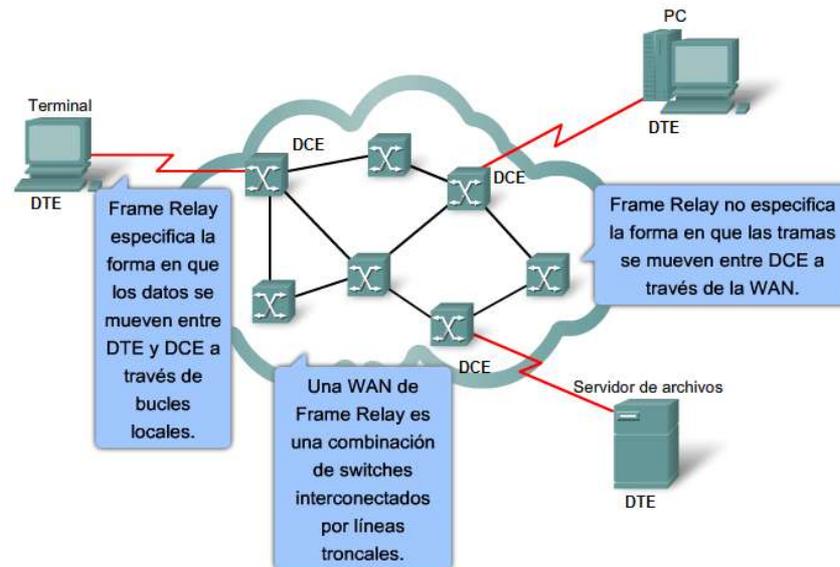
# Conceptos de Frame Relay

- Es un servicio WAN conmutado por paquetes, orientado a conexión.
- Opera en capa de enlace de datos del modelo OSI.
- Utiliza un subconjunto del protocolo HDLC llamado LAPF (Link Access Procedure for Frame Relay)
- Las tramas llevan los datos entre el DTE y el DCE en el borde de la WAN.
  - No define como se transporta la trama en la nube Frame Relay.
  - Es ATM en muchos casos!



# Frame Relay Vs. X.25

- Frame Relay no tiene un mecanismo de secuencia, ventanas, y retransmisión que si tiene X.25.
- Sin esta sobrecarga, la operación de Frame Relay supera la de X.25
- Las velocidades típicas van de 1.5Mbps a 12Mbps, sin embargo, velocidades mayores son permitidas. (hasta 45Mbps)
- Como fue diseñado para líneas digitales de alta calidad, Frame Relay no tiene un mecanismo de recuperación de errores.
- Si hay error, la trama se descarta sin notificación.



# Componentes de Frame Relay

- Enlace de Acceso (Access Link)

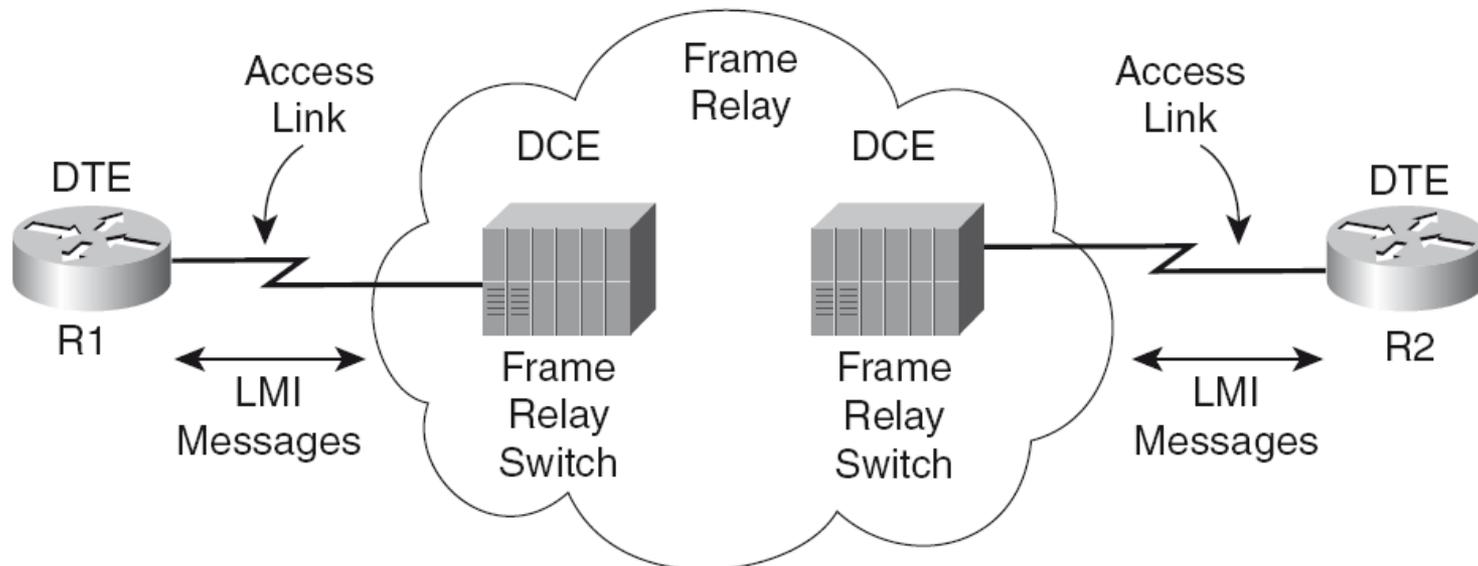
- Una conexión serial, como una línea arrendada T1/E1, que conecta el router al switch Frame Relay de la empresa de comunicaciones en el punto de presencia (POP) más cercano para la empresa.

- DTE

- Un router o un FRAD (Frame Relay Access Device)

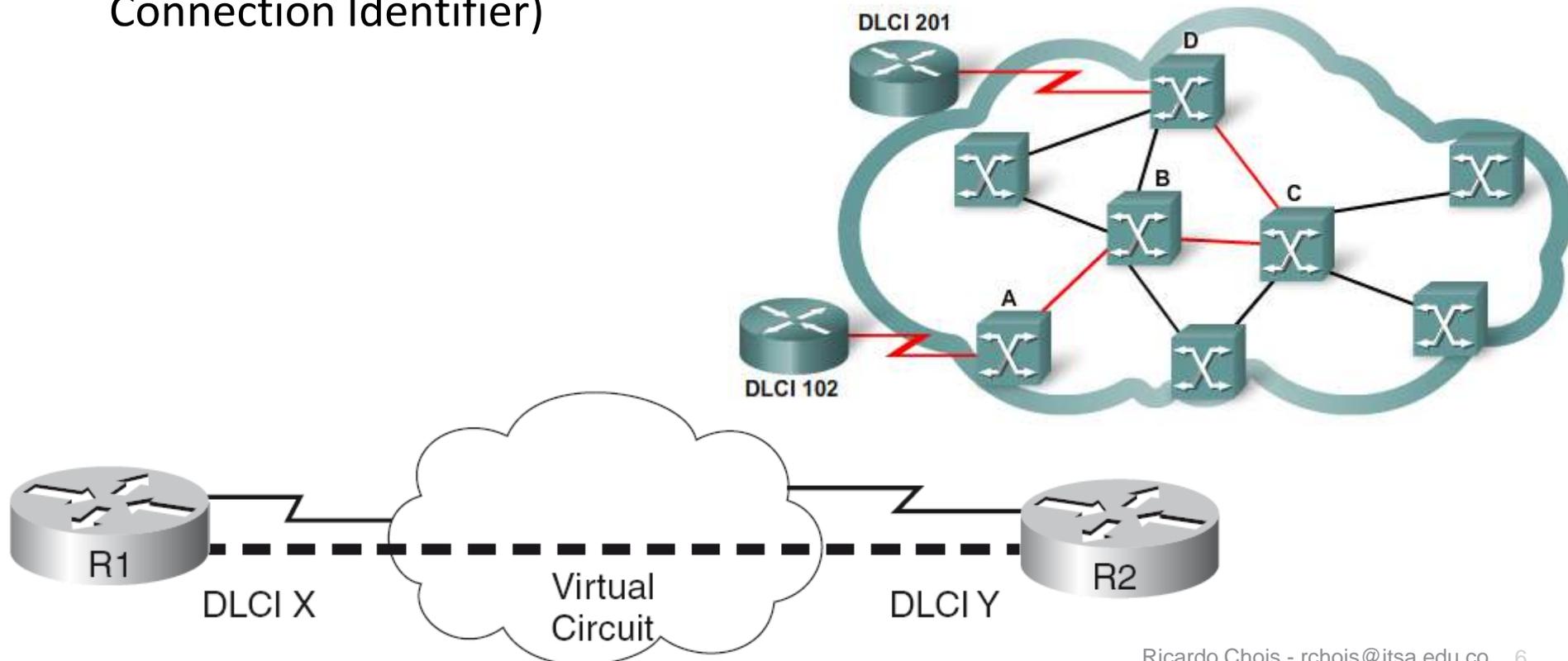
- DCE

- Dispositivo del lado del proveedor (Switch Frame Relay)



# Terminología Frame Relay

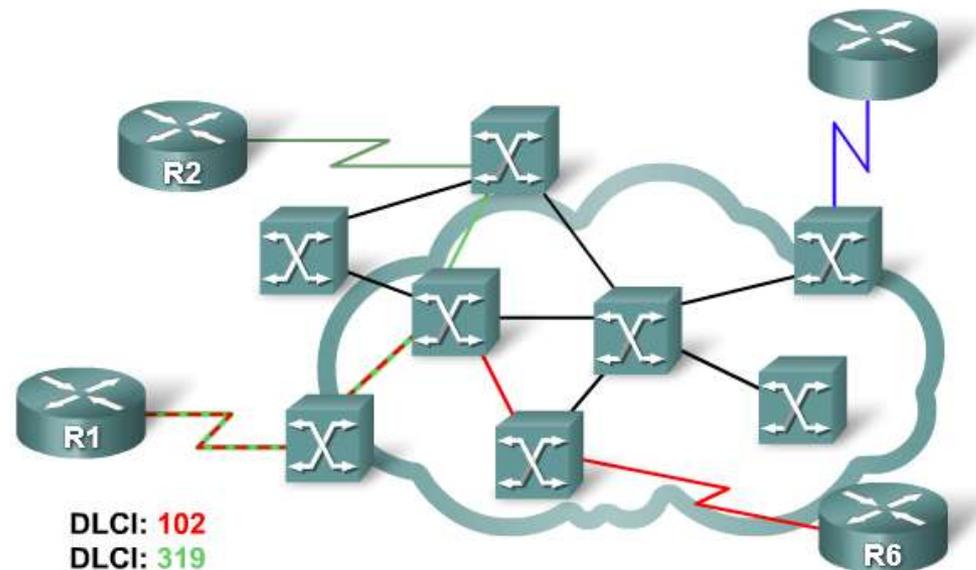
- **Circuito Virtual (VC)** → Es la conexión entre 2 DTEs
  - **SVC (Switched Virtual Circuits)** → Se definen dinámicamente mediante envío de mensajes de señalización. No son comunes
  - **PVC (Permanent Virtual Circuits)** → Son preconfigurados por la empresa de comunicaciones. Son los más comunes.
- Los circuitos virtuales se identifican a través de los **DLCI (Data-Link Connection Identifier)**



## Enlace de Acceso y ahorro en costos...

- Un FRAD o un router conectado a la red Frame Relay puede tener múltiples circuitos virtuales (VCs) que se conectan a varios puntos finales.
- Esto hace que mejore la relación costo-beneficio en implementaciones de malla completa.
- Cada punto final sólo necesita un enlace de acceso y una interfaz.
- Menos de 1000 por enlace.

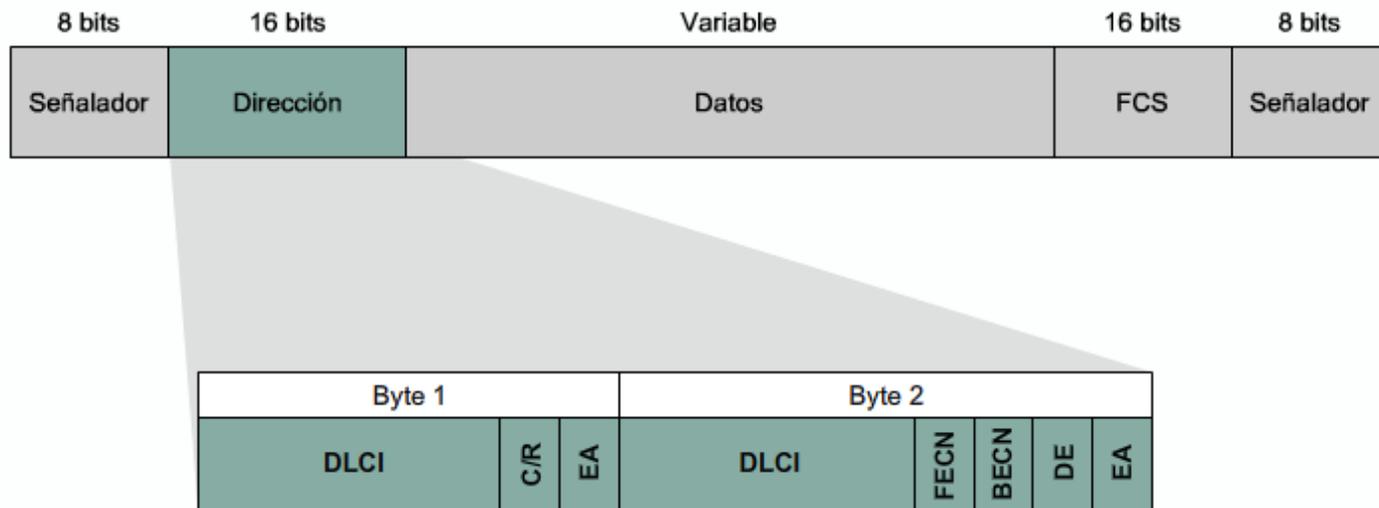
VC múltiples en una línea de acceso único



El DLCI puede distinguir entre varios VC en el mismo enlace de acceso.

# Trama Frame Relay estándar (IETF)

- DLCI → Representa la conexión virtual entre el DTE y el Switch Frame Relay (DCE)
- EA → Si es 1, el byte actual es considerado como el último octeto DLCI
- C/R → No definido actualmente.
- Control de Congestión → FECN, BECN y DE. Mecanismo para notificación de congestión.

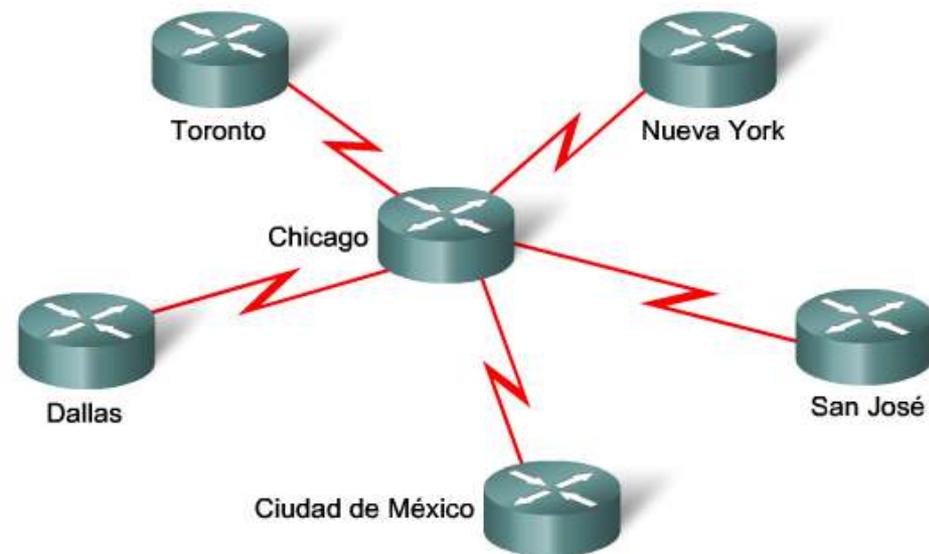


- Los routers cisco, soportan 2 tipos de encabezado
  - Cisco → Encabezado de 4 bytes (por defecto, propietario de Cisco)
  - IETF → Encabezado de 2 bytes

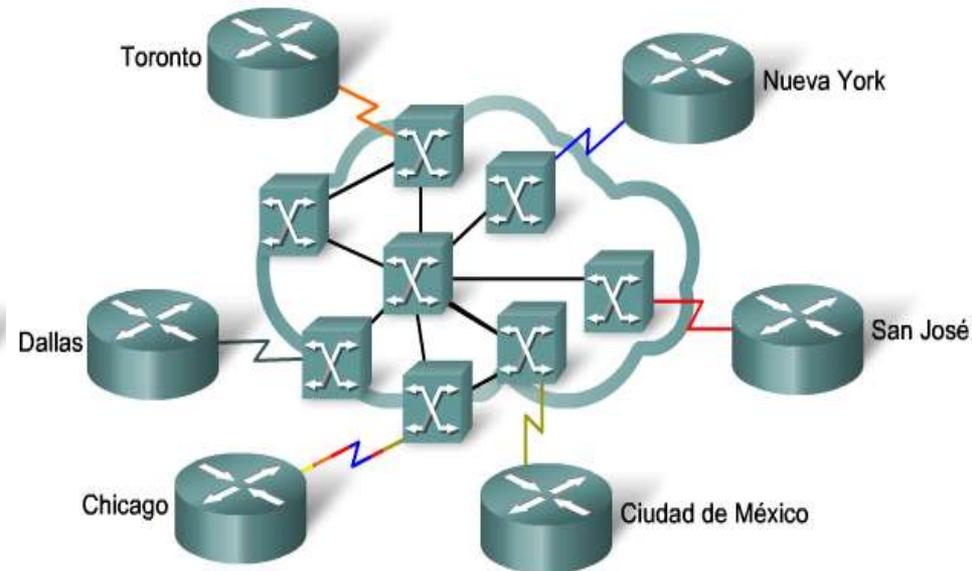
# Topologías Frame Relay

## ■ Estrella (Hub-and-spoke)

- La ubicación del hub generalmente se elige por el costo más bajo de la línea arrendada.
- Cada ubicación remota tiene un enlace de acceso a la nube de Frame Relay mediante un único VC.



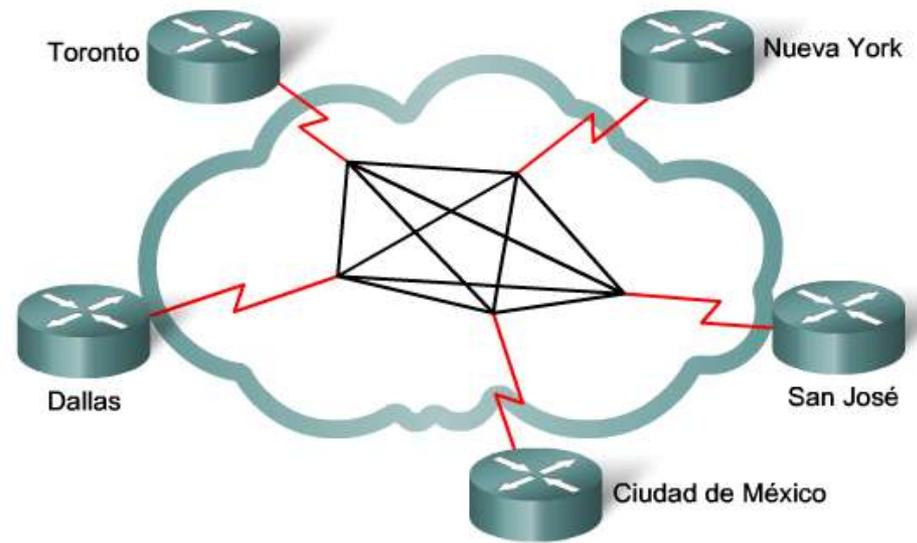
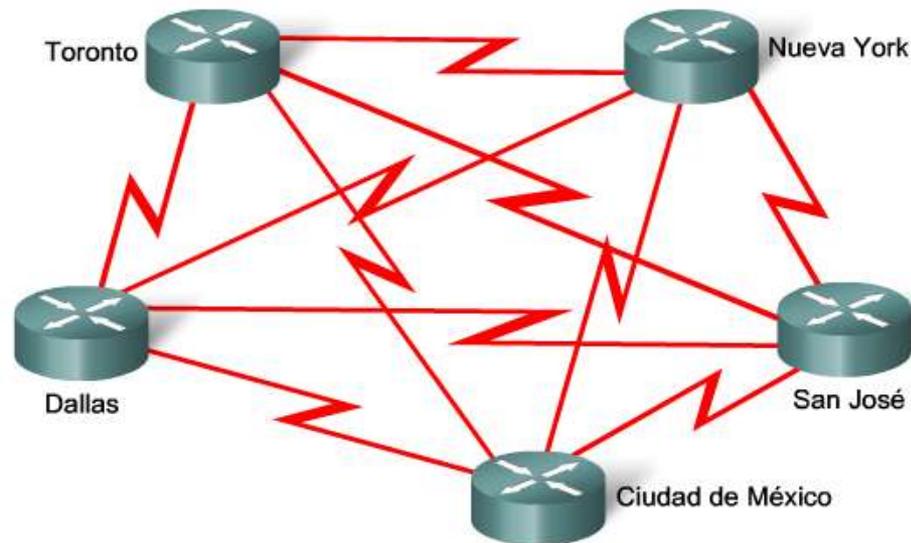
Topología en estrella: hub con 5 enlaces físicos (rayos)



# Topologías Frame Relay

## ■ Malla Completa

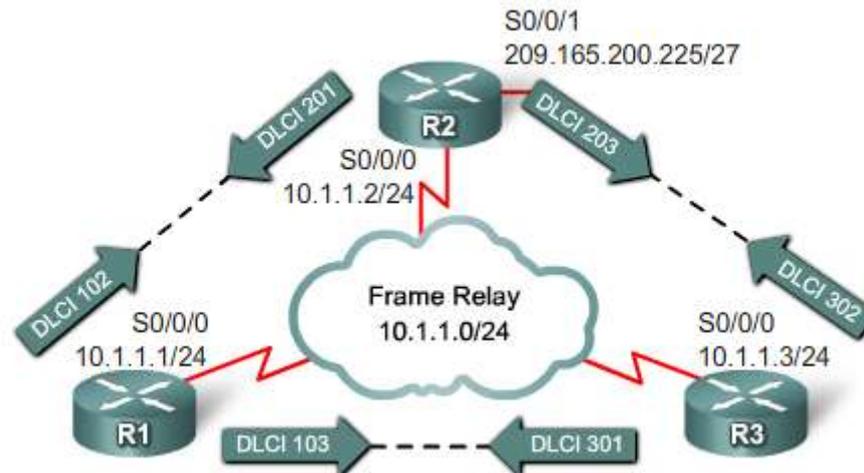
- Se elige una topología de malla completa cuando los servicios a los que se debe tener acceso están geográficamente dispersos y se necesita un acceso altamente fiable.
- Una topología de malla completa conecta cada uno de los sitios con los demás.



Topología de malla: cada DTE tiene un enlace físico que lleva 4 VC

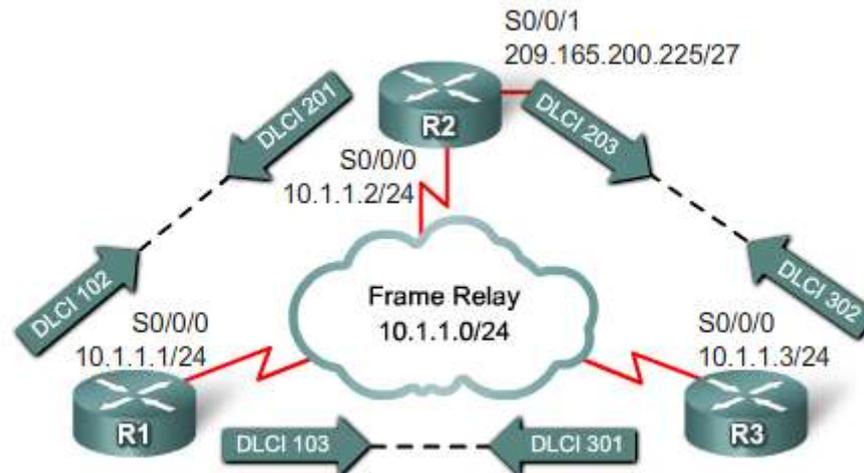
# Direccionamiento Frame Relay - DLCI

- Antes de que un router Cisco pueda transmitir datos a través de Frame Relay, necesita conocer los mapas de DLCI locales en la dirección de Capa 3 del destino remoto.
- Los DLCI identifican los VC lógicos entre el CPE y el switch Frame Relay. (No identifican a los routers).
- El switch Frame Relay mapea los DLCI entre cada par de routers para crear los PVCs.
- Los DLCI tiene importancia local, sin embargo, hay implementaciones con DLCI globales.
- Los DLCI del 0 al 15 y 1008 al 1023 están reservados para propósitos especiales.
- Los proveedores asignan DLCIs en el rango de 16 a 1007.
- En los routers podemos asignar los DLCIs estática o dinámicamente (ARP Inverso).



# LMI (Local Management Interface)

- Es un estándar de señalización entre el DTE y el switch Frame Relay.
- Es el responsable de administrar la conexión y mantener el estado entre los dispositivos.
- LMI incluye:
  - Mensajes de estado de VCs(keepalive ) → Verifica que fluyan los datos
  - Multicasting → Permite que el emisor transmita una única trama que se entrega a varios destinatarios.
  - Direccionamiento global → Otorga a los identificadores de conexión una importancia global (No es común)
  - Control de flujo simple → Proporciona un mecanismo de control de flujo XON/XOFF.

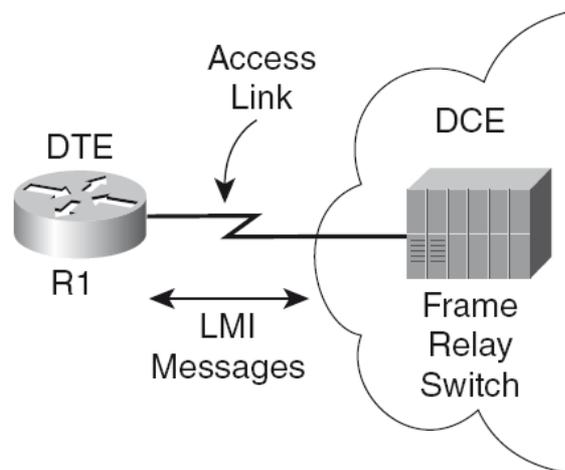


# LMI (Local Management Interface)

- Al principio cada vendedor y los comités trabajaron separadamente para crear e implementar las primeras versiones de LMI debido a que no estaba definido en el diseño original de Frame Relay.
- Como resultado existen 3 tipos de LMI y ninguno es compatible con el otro.

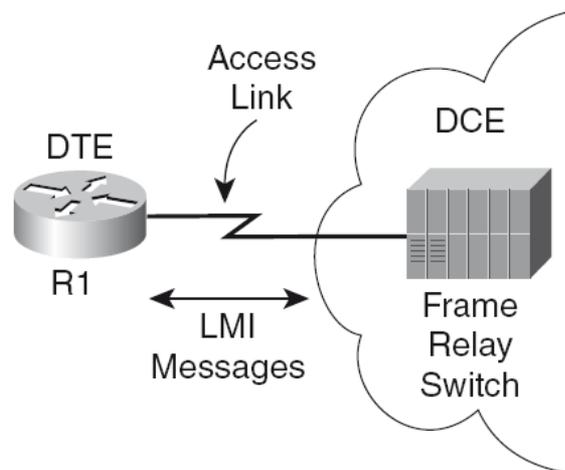
Nombre	Documento	Parámetro en el comando lmi-Type del IOS
Cisco	Propietario	cisco
Ansi	T1.617 Anexo D	ansi
ITU	Q.933 Anexo A	q933a

- El tipo de LMI debe coincidir entre el switch Frame Relay del proveedor y el DTE del cliente.



# LMI (Local Management Interface)

- En las versiones de IOS anteriores a 11.2, la interfaz Frame Relay debía ser manualmente configurada para usar el tipo adecuado de LMI, que es proporcionado por el proveedor de servicios.
- Si se usa una versión 11.2 o superior, el router intenta detectar automáticamente el tipo de LMI usado por el proveedor.
- El proceso de detección automática se le conoce como “auto sense” o “LMI autosensing”.
- Sin importar el tipo de LMI que se utilice, cuando está activo el “auto sense”, se envía una solicitud completa de estado al switch del proveedor.



# LMI (Local Management Interface)

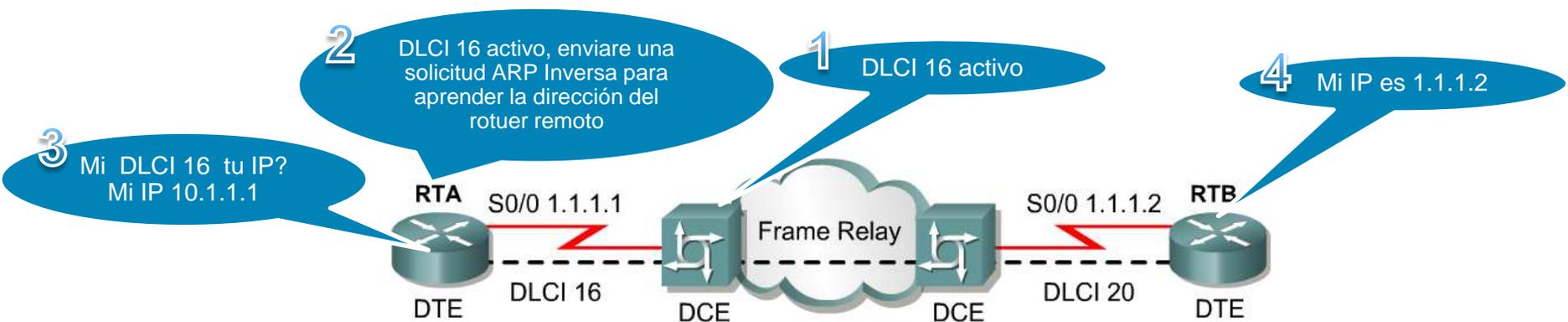
- El switch Frame Relay usa LMI para informar el estado de los PVCs configurados.
- Los estados posibles se resumen en la siguiente tabla:

Estado	Active	Inactive	Deleted	Static
El PVC esta definido en la red Frame Relay	Yes	Yes	No	Desconocido
El router intentará enviar tramas en el VC en este estado	Yes	No	No	Yes

- **Estado Activo** → Indica que la conexión esta activa y que los routers pueden intercambiar datos.
- **Estado Inactivo** → Indica que la conexión local al switch Frame Relay funciona, pero la conexión del router remoto al switch Frame Relay no funciona.
- **Estado Eliminado** → Indica que no se esta recibiendo LMI del switch Frame Relay, o que no hay servicio entre el router CPE y el switch Frame Relay.
- **Estado Estático** → Indica que el mecanismo de LMI fue desactivado (comando “no keepalive”).

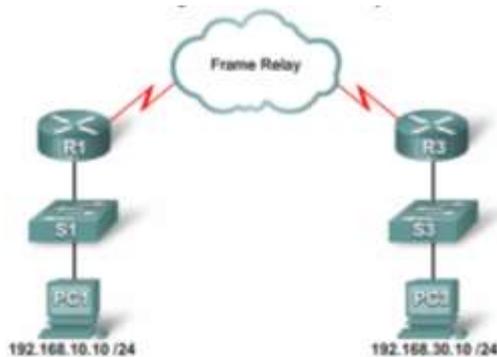
# ARP Inverso – Conoce DLCI, necesita IP remota.

- Una vez que el router aprende del switch los PVCs disponibles y su DLCI correspondiente, éste puede enviar solicitudes de ARP Inverso al otro extremo del PVC (A menos que se haga el mapeo estático).
- Para cada protocolo soportado y configurado en la interfaz, el router envía una solicitud de ARP Inverso para cada DLCI.
- De echo, la solicitud ARP Inverso le pregunta a la estación remota su dirección de capa 3.
- Al mismo tiempo, este le provee a la estación remota la dirección de capa 3 de la estación local.
- La información de respuesta de ARP Inverso se usa para construir el mapa Frame Relay.



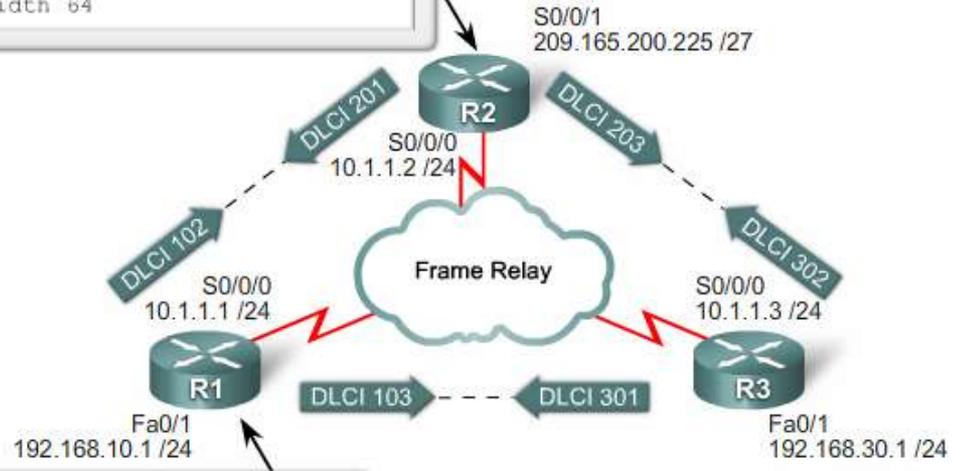
# Configurar un PVC Frame Relay básico.

- Configuración mínima...



Tareas requeridas	Tareas opcionales
<ul style="list-style-type: none"><li>Habilitar encapsulación Frame Relay en una interfaz</li><li>Configurar asignación dinámica o estática de direcciones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Configurar LMI</li><li>Configurar SVC Frame Relay</li><li>Configurar conformación del tráfico Frame Relay</li><li>Personalizar Frame Relay para su red</li><li>Supervisar y mantener las conexiones Frame Relay</li></ul>

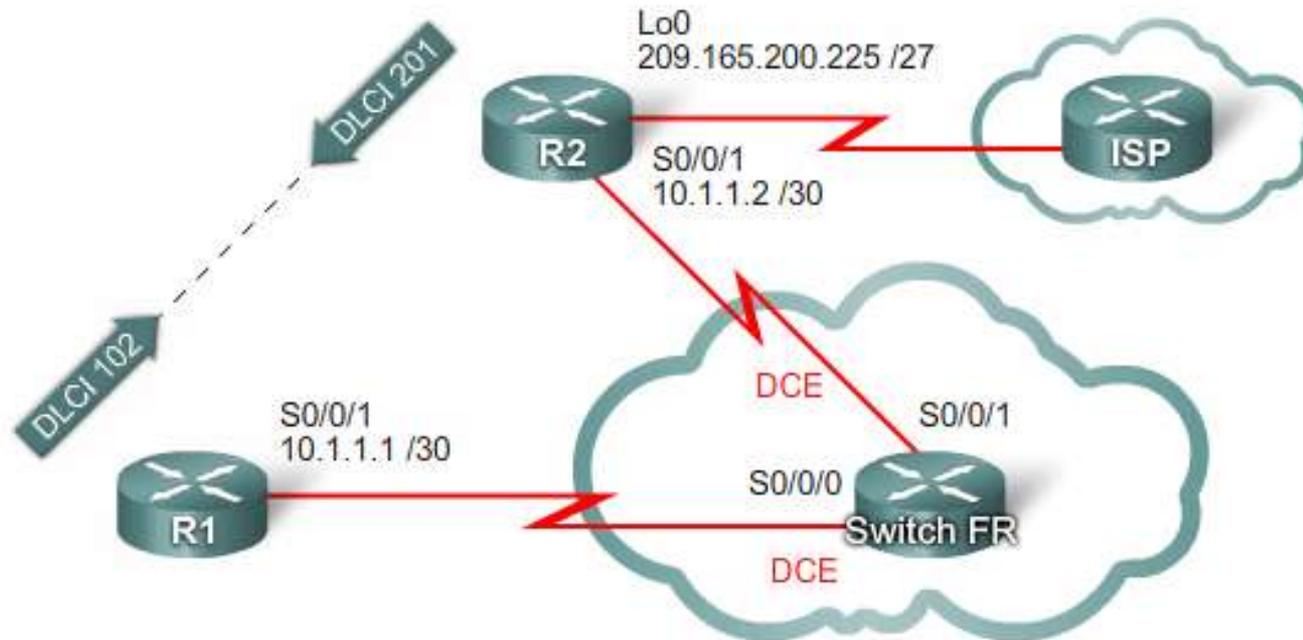
```
interface s0/0/0
ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
encapsulation frame-relay
bandwidth 64
```



```
interface s0/0/0
ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
encapsulation frame-relay
bandwidth 64
```

# Configurar un PVC Frame Relay básico.

- Configurar el mapeo estático...



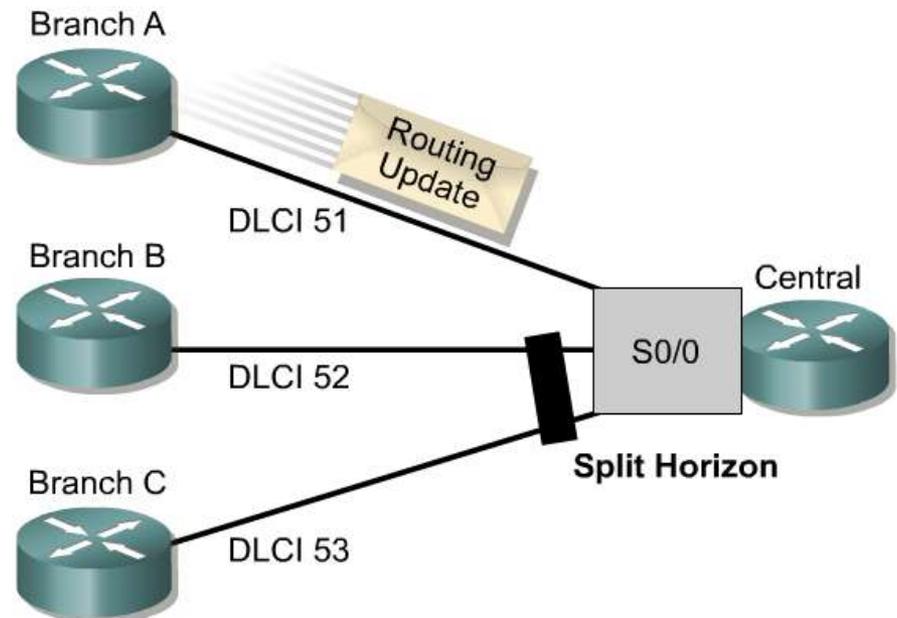
## Configuración para R1

```
interface s0/0/1
ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
encapsulation frame-relay
bandwidth 64
frame-relay map ip 10.1.1.2 102 broadcast
```

# Problemas con Horizonte Dividido en Hub-and-Spoke

- Frame Relay es una red NBMA (Non-Broadcast Multi-access)
  - Las tramas entre dos routers son solo vistas por esos dos dispositivos (Non-Broadcast)
  - Múltiples equipos pueden tener acceso a la misma red y potencialmente a cada una de las otras (Multi-access)
- Un enrutamiento básico, basado en el principio de horizonte dividido, puede generar problemas relacionados con la posibilidad de conexión en una red NBMA Frame Relay.

Horizonte dividido prohíbe que las actualizaciones de enrutamiento recibidas en una interfaz salgan por la misma interfaz.



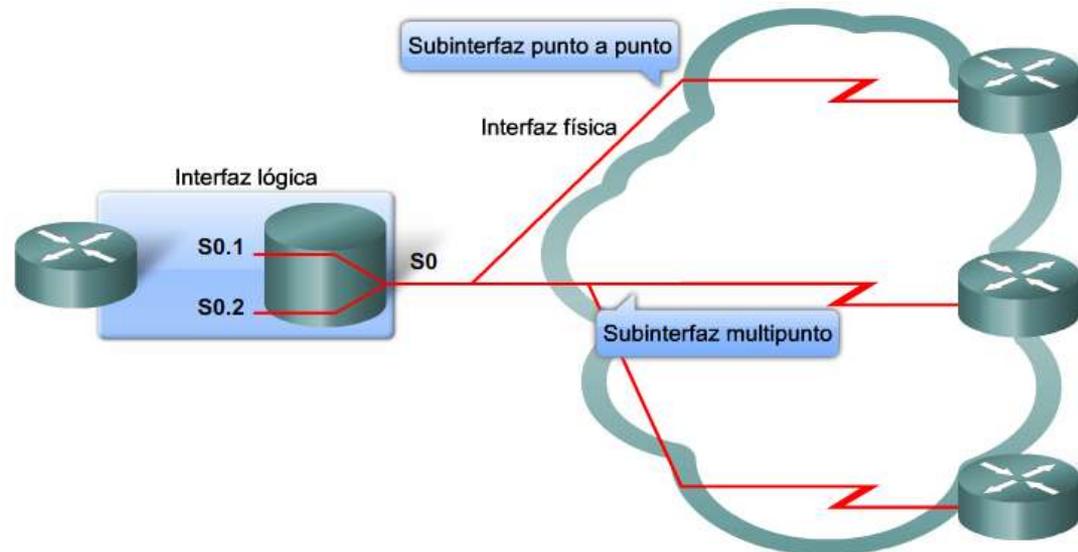
# Una solución: Deshabilitar horizonte dividido

- Para remediar la situación se puede deshabilitar el horizonte dividido.
- Por supuesto, con horizonte dividido deshabilitado, la protección contra bucles de enrutamiento se pierde.
- Horizonte Dividido, solo es un tema con protocolos por Vector Distancia como RIP, IGRP y EIGRP.
- Este no tiene efecto en protocolos de enrutamiento de Estado de Enlace como OSPF e IS-IS.

```
Router(config-if)#no ip split-horizon  
Router(config-if)#ip split-horizon
```

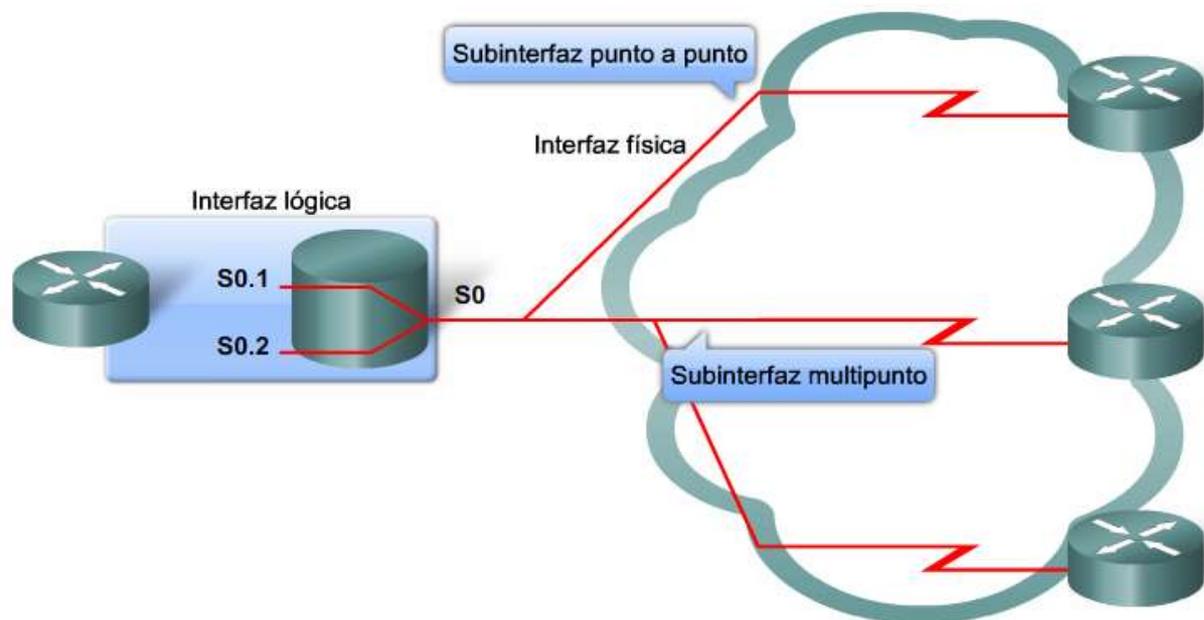
# Otra solución: Subinterfaces

- Para habilitar el envío de broadcast de actualizaciones de enrutamiento en una red Frame Relay, podemos configurar subinterfaces.
- Las subinterfaces son divisiones lógicas de una interfaz física.
- En ambientes de enrutamiento con horizonte dividido, una actualización recibida en una subinterfaz puede ser enviada por otra subinterfaz.
- Con la configuración de subinterfaces, cada PVC puede ser configurado como una conexión punto a punto.
- Esto permite a las subinterfaces actuar parecido a las líneas arrendadas.
- Esto, porque cada subinterfaz es tratada como una interfaz física.



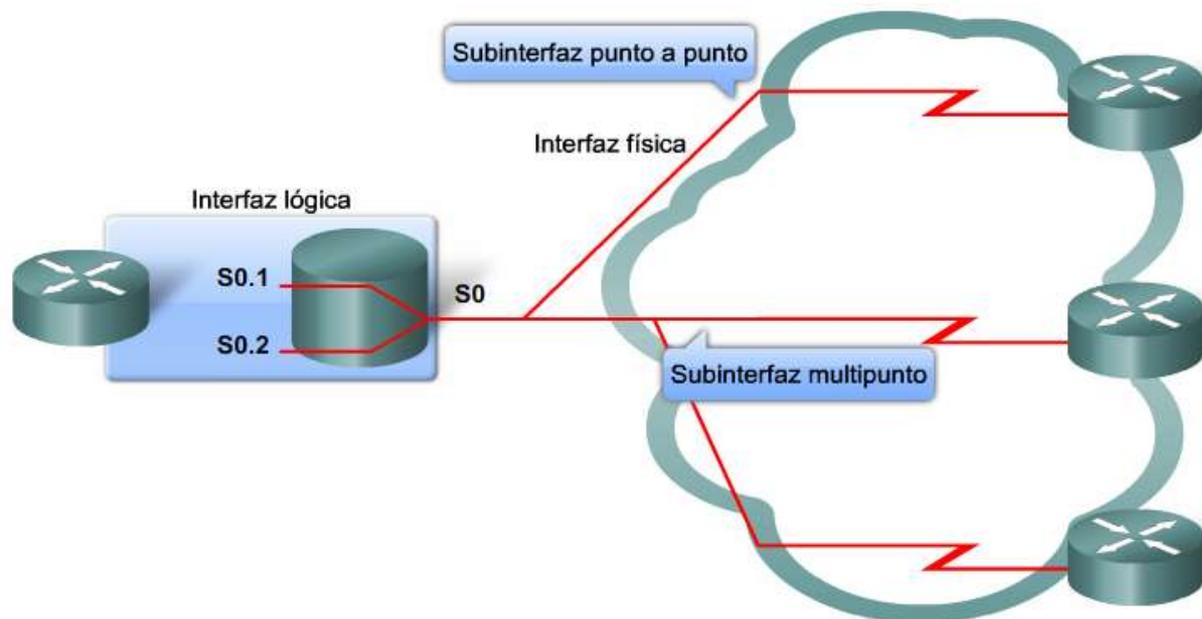
# Subinterfaces

- Hay 2 tipos de subinterfaces Frame Relay:
  - Punto a Punto
    - Cada subinterfaz esta en su propia subred. Broadcast y la regla Horizonte dividido no son un problema debido a que cada una es una subred.
  - Multipunto
    - Todas las subinterfaces participantes están en la misma subred. Broadcast y la regla de horizonte dividido siguen siendo un problema.



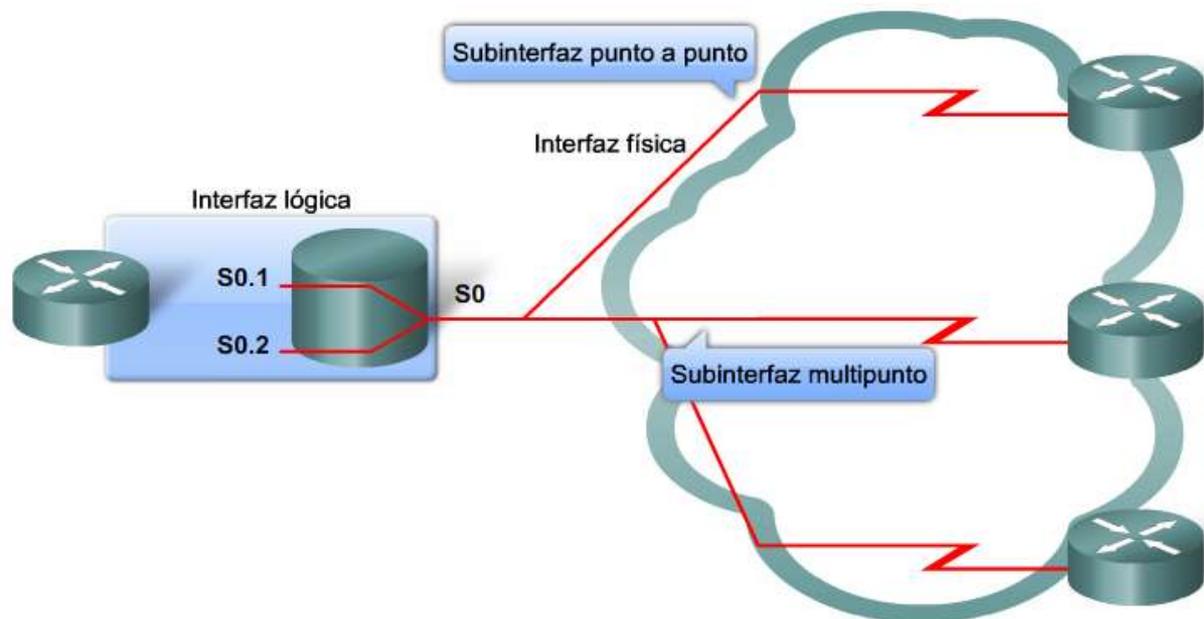
# Subinterfaces Punto a Punto

- Con las subinterfaces punto a punto:
  - No puedes tener múltiples DLCIs asociados a una única subinterfaz.
  - No puedes usar comandos “*frame-relay map*”.
  - No puedes usar ARP Inverso.
- 
- Puedes usar el comando “*frame-relay interface-dlci*” (para los 2 tipos de subinterfaces)



# Subinterfaces Multipunto

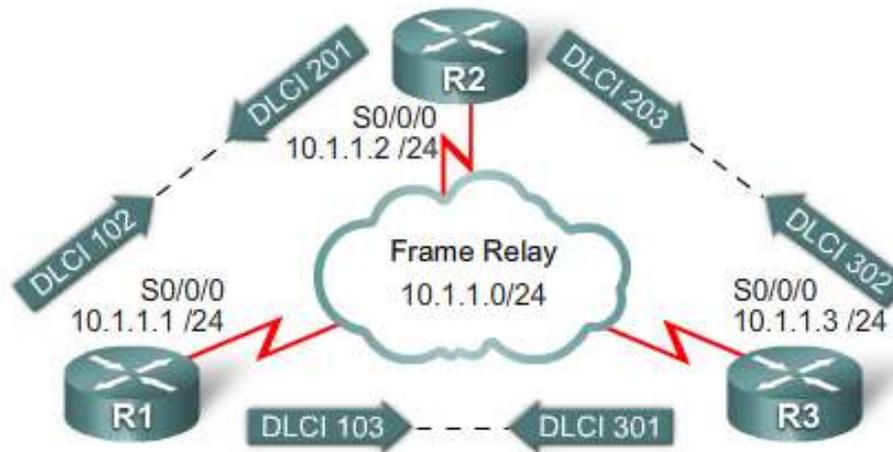
- Con las subinterfaces multipunto:
- Puedes tener múltiples DLCIs asociados a una única subinterfaz.
- Puedes usar comandos “*frame-relay map*” y “*frame-relay interface-dlci*”.
- Puedes usar ARP Inverso.
- Cada subinterfaz esta en una red o subred diferente pero puede tener múltiples conexiones con un DLCI diferente para cada conexión.



# Pago de Frame Relay

- Los clientes simplemente compran los servicios de Frame Relay a un proveedor de servicios.

Término	Acceso
Velocidad de acceso o velocidad del puerto	La capacidad del bucle local
Velocidad de información suscrita (CIR, Committed Information Rate)	La capacidad a través del bucle local garantizada por el proveedor



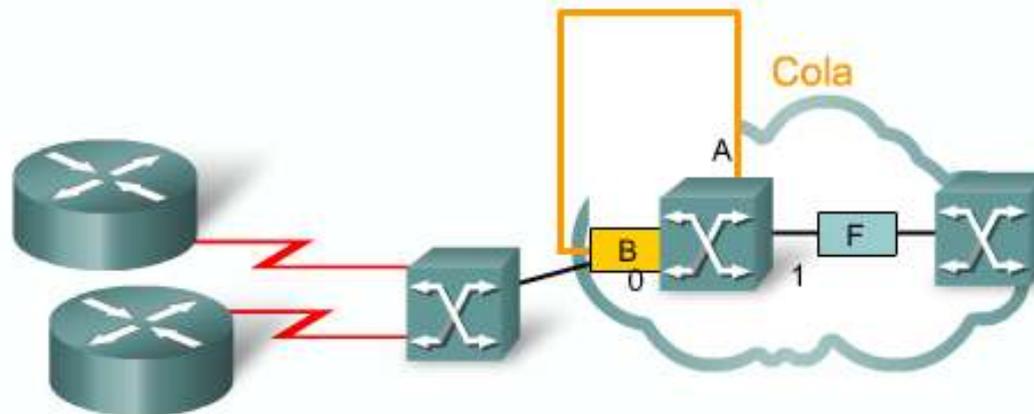
Tres componentes por cobrar	
Bucle local	64 kbps
Dos puertos	DLCI 102 DLCI 103
CIR	48 kbps

CIR para cada PVC	
PVC DLCI	CIR
DLCI 102	32 kbps
DLCI 103	16 kbps
<b>CIR total</b>	<b>48 kbps</b>

# Control de Flujo en Frame Relay

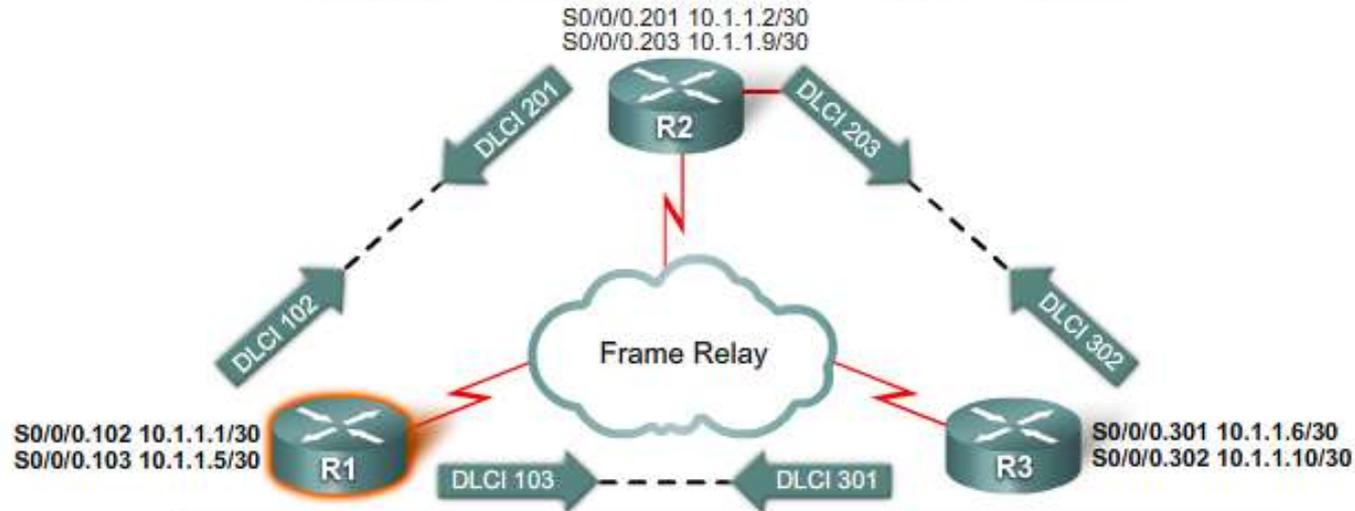
- Los mecanismos de congestión-notificación son:
  - La Notificación explícita de congestión hacia adelante (FECN, Forward Explicit Congestion Notification) y
  - La notificación explícita de congestión hacia atrás (BECN, Backward Explicit Congestion Notification).

Mientras que el switch A coloca una trama grande en la interfaz 1, otras tramas para esta interfaz se ponen en cola. Se advierte a los dispositivos de recepción de la existencia de la cola mediante el establecimiento del bit FECN



# Configuraciones avanzadas de Frame Relay

## Configuración de las subinterfaces punto a punto



```
interface s0/0/0
  no ip address
  encapsulation frame-relay
  no shut
exit

interface s0/0/0.102 point-to-point
  ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
  bandwidth 64
  frame-relay interface-dlci 102
exit

interface s0/0/0.103 point-to-point
  ip address 10.1.1.5 255.255.255.252
```

# Comandos de verificación de Frame Relay

## Verificación del funcionamiento de Frame Relay: Observar las interfaces

```
R1#show interface serial 0/0/1
Serial0/0/1 is up, line protocol is up
  Hardware is GT96K Serial
  MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit, DLY 20000 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
  Encapsulation FRAME-RELAY, loopback not set
  Keepalive set (10 sec)
  CRC checking enabled
  LMI enq sent 59, LMI stat recvd 59, LMI upd recvd 0, DTE LMI up
  LMI enq recvd 0, LMI stat sent 0, LMI upd sent 0
  LMI DLCI 1023 LMI type is CISCO frame relay DTE
  FR SVC disabled, LAPF state down
  Broadcast queue 0/64, broadcasts sent/dropped 11/0, interface broadcasts 0
  Last input 00:00:05, output 00:00:05, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters 00:09:55
  Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
  Queueing strategy: weighted fair
  Output queue: 0/1000/64/0 (size/max total/threshold/drops)
    Conversations 0/1/256 (active/max active/max total)
    Reserved Conversations 0/0 (allocated/max allocated)
    Available Bandwidth 1158 kilobits/sec
  5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
    67 packets input, 2367 bytes, 0 no buffer
```

# Comandos de verificación de Frame Relay

## Verificación del funcionamiento de Frame Relay: Estadísticas de LMI

```
R1#show frame-relay lmi
LMI Statistics for interface Serial0/0/1 (Frame Relay DTE) LMI TYPE = CISCO
  Invalid Unnumbered info 0          Invalid Prot Disc 0
  Invalid dummy Call Ref 0           Invalid Msg Type 0
  Invalid Status Message 0           Invalid Lock Shift 0
  Invalid Information ID 0            Invalid Report IE Len 0
  Invalid Report Request 0            Invalid Keep IE Len 0
  Num Status Enq. Sent 76             Num Status msgs Rcvd 76
  Num Update Status Rcvd 0            Num Status Timeouts 0
  Last Full Status Req 00:00:48       Last Full Status Rcvd 00:00:48
```

```
-----
R1#show frame-relay lmi
LMI Statistics for interface Serial0/0/1 (Frame Relay DTE) LMI TYPE = CISCO
  Invalid Unnumbered info 0          Invalid Prot Disc 0
  Invalid dummy Call Ref 0           Invalid Msg Type 0
  Invalid Status Message 0           Invalid Lock Shift 0
  Invalid Information ID 0            Invalid Report IE Len 0
  Invalid Report Request 0            Invalid Keep IE Len 0
  Num Status Enq. Sent 78             Num Status msgs Rcvd 78
  Num Update Status Rcvd 0            Num Status Timeouts 0
  Last Full Status Req 00:00:02       Last Full Status Rcvd 00:00:02
```

# Comandos de verificación de Frame Relay

## Verificación del funcionamiento de Frame Relay: Estado de PVC

```
R1#show frame-relay pvc 102
PVC Statistics for interface Serial0/0/1 (Frame Relay DTE)
DLCI = 102, DLCI USAGE = LOCAL, PVC STATUS = ACTIVE, INTERFACE = Serial0/0/1.102
  input pkts 12          output pkts 20          in bytes 2816
  out bytes 5455        dropped pkts 0          in pkts dropped 0
  out pkts dropped 0    out bytes dropped 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
  out bcast pkts 15     out bcast bytes 4935
  5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  pvc create time 00:13:27, last time pvc status changed 00:07:47
-----
R2#show frame-relay pvc 201
PVC Statistics for interface Serial0/0/1 (Frame Relay DTE)
DLCI = 201, DLCI USAGE = LOCAL, PVC STATUS = ACTIVE, INTERFACE = Serial0/0/1.201
  input pkts 11          output pkts 8           in bytes 3619
  out bytes 2624        dropped pkts 0          in pkts dropped 0
  out pkts dropped 0    out bytes dropped 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
  out bcast pkts 8     out bcast bytes 2624
  5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
```

# Comandos de verificación de Frame Relay

Verificación del funcionamiento de Frame Relay: Verificar ARP inverso

```
R1#sh frame-relay map
Serial0/0/0 (up): ip 10.140.1.1 dlci 100(0x64,0x1840), dynamic, broadcast,
                  CISCO, status defined, active
```

Verificación del funcionamiento de Frame Relay: Borrar asignaciones de Frame Relay

```
R1#clear frame-relay inarp
R1#show frame-relay map
Serial0/0/1.102 (up): point-to-point dlci, dlci 102(0x66,0x1860), broadcast
                    status defined, active
```

```
R2#clear frame-relay inarp
R2#show frame-relay map
Serial0/0/1.201 (up): point-to-point dlci, dlci 201(0xC9,0x3090), broadcast
                    status defined, active
```

# Resumen

- Frame relay es una de las tecnologías WAN más usadas porque:
  - Provee mayor ancho de banda que las líneas arrendadas
  - Reduce los costos porque use menor cantidad de equipos
  - Fácil de implementar
- Frame relay esta asociada a la capa 2 del modelo OSI y encapsula los paquetes en tramas Frame Relay.
- Frame relay se configura en circuitos virtuales
  - Estos circuitos virtuales pueden ser identificados por un DLCI.
- Frame relay usa ARP Inverso para mapear los DLCI a direcciones de red (IP).

# Resumen

- Configurar Frame Relay requiere:
  - Habilitar el encapsulamiento Frame Relay
  - Configurar el mapeo estático o dinámico
  - Considerar los problemas de horizonte dividido que ocurre cuando múltiples circuitos virtuales se ubican en una misma interfaz física.
- Factores que afectan la configuración de Frame Relay
  - Como el proveedor de servicios tiene configurado sus dispositivos
- Control de flujo de Frame Relay
  - DE
  - FECN
  - BECN

# Resumen

- Los siguientes comandos se pueden utilizar para verificar la configuración de Frame Relay
  - *Show interfaces*
  - *Show frame-relay lmi*
  - *Show frame-relay pvc ###*
  - *Show frame-relay map*
- Use el siguiente comando para ayudar a resolver los problemas en la configuración de Frame Relay
  - *debug frame-relay lmi*

