

Calidad de Servicio (QoS)



Sumario

- **Concepto de Calidad de Servicio**
- Calidad de Servicio en Internet
 - Octeto ToS en IPv4
 - Modelo IntServ y protocolo RSVP
 - Prioridad y etiqueta de flujo en IPv6
 - Modelo DiffServ
- Calidad de servicio en LANs
- Control de congestión en Internet
- MPLS

Calidad de Servicio (QoS)



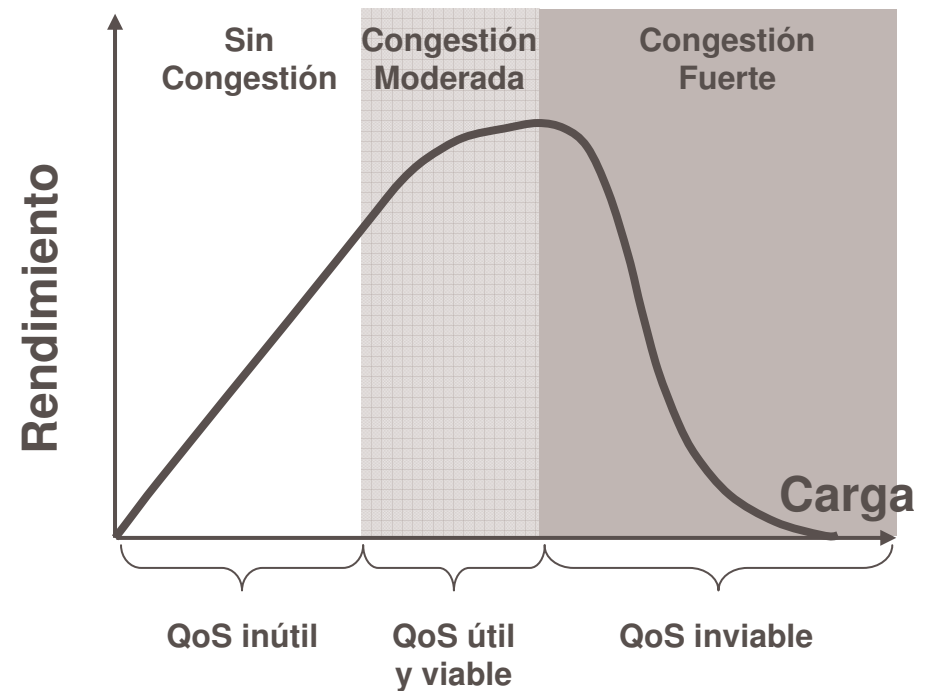
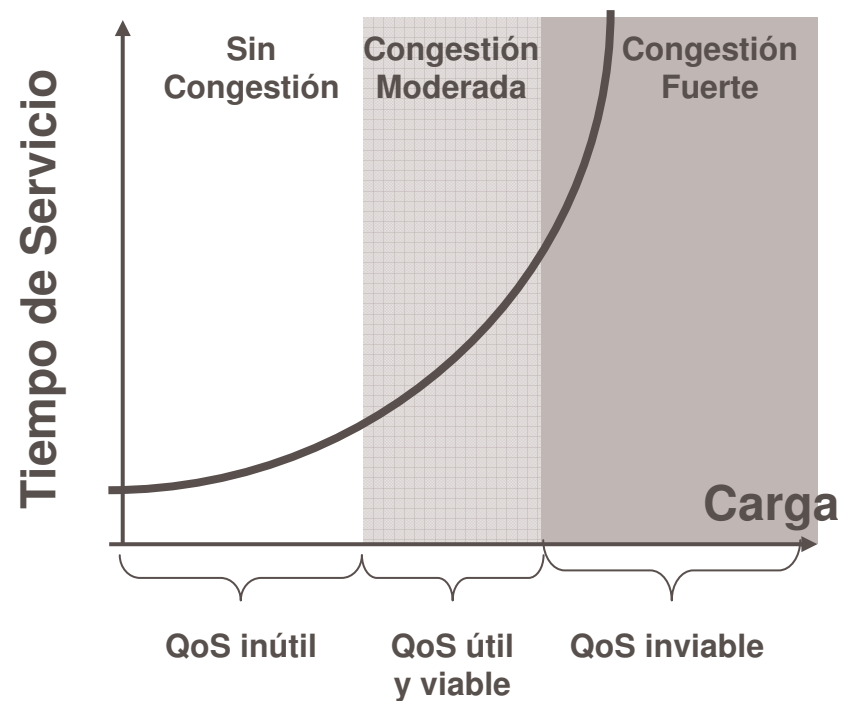
- Decimos que una red o un proveedor ofrece '**Calidad de Servicio' o QoS** (Quality of Service) cuando garantiza un valor límite (máximo o mínimo) de alguno de los parámetros de QoS. Si el proveedor no se compromete en ningún parámetro decimos que lo que ofrece un servicio '**best effort**'.
- El contrato que especifica los valores acordados entre el proveedor y el usuario (cliente) se denomina **SLA (Service Level Agreement)**. Ej.:
 - Ancho de banda ≥ 2 Mb/s
 - Retardo ≤ 80 ms
 - Jitter ≤ 20 ms
 - Tasa de pérdidas $\leq 0,01$ %

Congestión y Calidad de Servicio



- Con ancho de banda suficiente se resuelven 'casi' todos los problemas
- Sería muy fácil dar Calidad de Servicio si las redes nunca se congestionaran. Para ello habría que sobredimensionar todos los enlaces, cosa no siempre posible o conveniente.
- Para dar QoS con congestión es preciso tener mecanismos que permitan dar un trato distinto al tráfico preferente y cumplir el SLA (Service Level Agreement).

Efectos de la congestión en el tiempo de servicio y el rendimiento

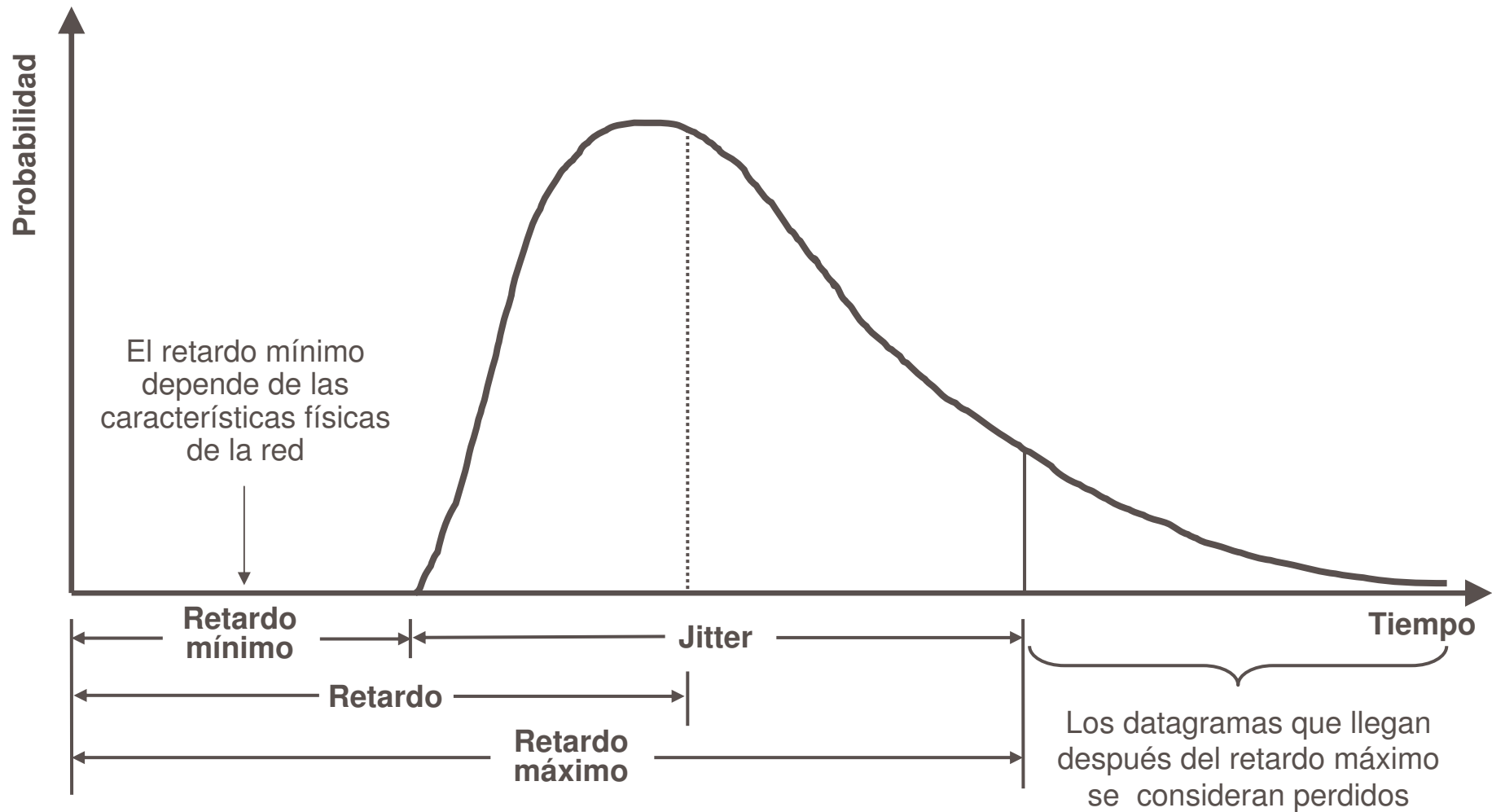


Parámetros de Calidad de Servicio

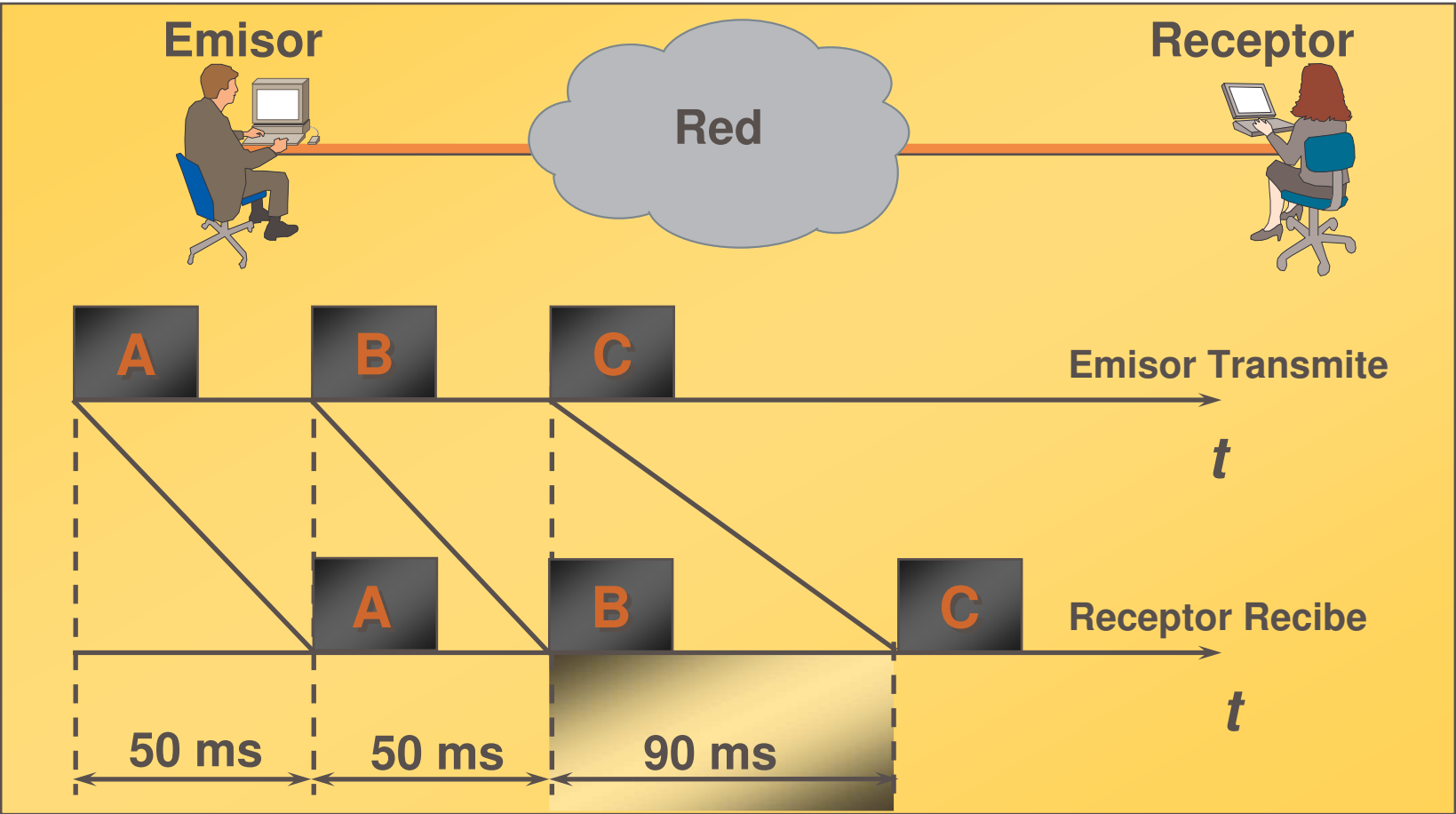


Parámetro	Unidades	Significado
Ancho de Banda (bandwidth)	Kb/s	Indica el caudal máximo que se puede transmitir
Retardo (delay) o latencia (latency)	ms	El tiempo medio que tardan en llegar los paquetes
Jitter	ms	La fluctuación que se puede producir en el Retardo
Tasa de pérdidas (loss rate)	%	Proporción de paquetes perdidos respecto de los enviados

Relación entre la probabilidad de llegada de los datagramas y los parámetros de QoS



Fluctuación del retardo—“Jitter”



Red vacía

Congestión

Retardo: 70 ms \pm 20 ms (retardo: 70 ms, jitter: 40 ms)

Reducción del Jitter



- El jitter puede reducirse si el receptor retrasa la reproducción (buffer 'anti-jitter').
- Por ejemplo en VoIP lo habitual es enviar un paquete de voz cada 20 ms. Si el receptor reproduce los paquetes tal cual le llegan cualquier fluctuación en la entrega afectará la calidad. Si en vez de eso retrasa 40 ms la reproducción podrá compensar fluctuaciones de hasta 40 ms en el tiempo de entrega.
- En algunas aplicaciones (vídeo o audio unidireccional) se llegan a introducir retardos de hasta 30 segundos. Pero en estos casos no existe interacción receptor-emisor.

Requerimientos de Calidad de Servicio de las aplicaciones



Tipo de aplicación	Ancho de Banda	Retardo	Jitter	Tasa de Pérdidas
Interactivo (telnet, www)	Bajo	Bajo	Medio/alto	Media ¹
Batch (e-mail, ftp)	Alto	Alto	Alto	Alta ¹
Telefonía	Bajo	Bajo	Bajo	Baja
Vídeo interactivo	Alto	Bajo	Bajo	Baja
Vídeo unidireccional (streaming)	Alto	Medio/alto	Bajo	Baja
Frágil (ej.: emulación de circuitos)	Bajo	Bajo	Medio/alto	Nula

¹En realidad la aplicación requiere pérdida nula, pero esto lo garantiza el protocolo de transporte TCP

Calidad de Servicio: ¿Reserva o Prioridad?

- Existen dos posibles estrategias para dar trato preferente a un usuario o una aplicación en una red:
 - Carril BUS: reservar capacidad para su uso exclusivo. A veces se denomina 'QoS hard'. Ejemplo: VCs ATM con categoría de servicio CBR
 - Ambulancia: darle mayor prioridad que a otros usuarios. A veces se denomina 'QoS soft'. Ejemplo: LANs 802.1p
- Cada estrategia tiene ventajas e inconvenientes.

¿Reserva o Prioridad?



	Ventajas	Inconvenientes
Reserva	<ul style="list-style-type: none">■ Da una garantía casi total■ Los paquetes no necesitan llevar ninguna marca que indique como han de ser tratados, la información la tienen los routers	<ul style="list-style-type: none">■ Requiere mantener información de estado sobre cada comunicación en todos los routers por lo que pasa■ Se requiere un protocolo de señalización para informar a los routers y efectuar la reserva en todo el trayecto
Prioridad	<ul style="list-style-type: none">■ Los routers no necesitan conservar información de estado.	<ul style="list-style-type: none">■ Los paquetes han de ir marcados con la prioridad que les corresponde■ La garantía se basa en factores estadísticos, es menos segura que la reserva de recursos (puede haber overbooking)



Sumario

- Concepto de Calidad de Servicio
- **Calidad de Servicio en Internet**
 - Octeto ToS en IPv4
 - Modelo IntServ y protocolo RSVP
 - Prioridad y etiqueta de flujo en IPv6
 - Modelo DiffServ
- Calidad de servicio en LANs
- Control de congestión en Internet
- MPLS

Calidad de Servicio en Internet



- La congestión y la falta de QoS es el principal problema de Internet actualmente.
- IP fue diseñado para dar un servicio ‘best effort’. Sin embargo hoy en día se utiliza para aplicaciones sensibles que no toleran redes sin QoS. Ej.: videoconferencia, telefonía VoIP (Voice Over IP), etc.
- Estas aplicaciones no pueden funcionar en una red ‘best effort’ congestionada.
- Se han hecho modificaciones a IP para que pueda ofrecer QoS a las aplicaciones

Calidad de Servicio en Internet



“El Santo Grial de las redes de computadores es diseñar una red que tenga la flexibilidad y el bajo costo de la Internet, pero que ofrezca las garantías de calidad de servicio extremo a extremo de la red telefónica.”

S. Keshav: 'An Engineering Approach to Computer Networking', 1997

Historia de la QoS en Internet



- 1981: Octeto ToS en IPv4 (RFC 791)
- 1994: Modelo IntServ (RFC 1633)
- 1995: Campos prioridad y etiqueta de flujo en IPv6 (RFC 1883)
- 1998: Modelo DiffServ (RFC 2474)



Sumario

- Concepto de Calidad de Servicio
- Calidad de Servicio en Internet
 - **Octeto ToS en IPv4**
 - Modelo IntServ y protocolo RSVP
 - Prioridad y etiqueta de flujo en IPv6
 - Modelo DiffServ
- Calidad de servicio en LANs
- Control de congestión en Internet
- MPLS

Octeto ToS (Type of Service)



- En la definición original de la cabecera IPv4 se incluyó un octeto que tenía dos partes:
 - Tres bits para indicar una prioridad (llamada precedencia). Los routers debían enviar antes los paquetes con mayor precedencia
 - Varios bits que actuaban de 'flags' para indicar que tipo de ruta prefiere el paquete:
 - mínimo retardo
 - máximo rendimiento
 - máxima fiabilidad
 - mínimo costo

Cabecera IPv4 (RFC 791, 1981)



Version	Lon.Cab.	TOS	Longitud total			
Identificación			X	D	M	Desplazamiento fragmento
			F	F		
Tiempo de vida	Protocolo		Checksum			
Dirección de origen						
Dirección de destino						
Opciones						

Octeto TOS:



- Precedencia: prioridad (ocho niveles). Mayor es mejor
- D,T,R,C: flags para indicar la ruta que se quiere utilizar:
 - D: Delay (mínimo retardo)
 - T: Throughput (máximo rendimiento)
 - R: Reliability (máxima fiabilidad)
 - C: Cost (mínimo costo), RFC 1349
- X: bit reservado

Significado del campo precedencia



Precedencia (decimal)	Precedencia (binario)	Nombre
7	111	Control de red
6	110	Control de interred
5	101	Crítico / ECP
4	100	Flash Override
3	011	Flash
2	010	Inmediato
1	001	Prioridad
0	000	Rutina

Reservados para tráfico de control

Disponibles para usuario

Inconvenientes del campo TOS



- Ocho niveles de prioridad (en la práctica seis) a veces es insuficiente.
- Solo es posible indicar prioridad de envío, no otros aspectos como prioridad de descarte.
- Los fabricantes han implementado de forma no consistente el campo precedencia y los flags DTRC. La interoperabilidad entre fabricantes e ISPs es muy limitada.
- La precedencia se ha usado poco. Los flags DTRC no se han usado nada.



Sumario

- Concepto de Calidad de Servicio
- Calidad de Servicio en Internet
 - Octeto ToS en IPv4
 - **Modelo IntServ y protocolo RSVP**
 - Prioridad y etiqueta de flujo en IPv6
 - Modelo DiffServ
- Calidad de servicio en LANs
- Control de congestión en Internet
- MPLS

Calidad de servicio en Internet



- Se han desarrollado y estandarizado dos modelos de QoS en Internet:
 - IntServ (Integrated Services), 1994. El usuario solicita de antemano los recursos que necesita; cada router del trayecto ha de tomar nota y efectuar la reserva solicitada (modelo carril bus).
 - DiffServ (Differentiated Services), 1998. El usuario marca los paquetes con una determinada etiqueta que marca la prioridad y el trato que deben recibir por parte de los routers; éstos no son conscientes de los flujos activos (modelo ambulancia).
- Ambos modelos son compatibles y coexisten

Clasificación de las aplicaciones en IntServ

(Integrated Services)



	Tolerantes a pérdidas	Intolerantes a pérdidas
Tolerantes a retardos (Elásticas)	Datos UDP: DNS, SNMP, NTP, etc.	Datos sobre TCP: FTP, Web, e-mail, etc.
No tolerantes a retardos (Tiempo Real)	Flujos Multimedia de todo tipo: vídeo 'streaming', videoconferencia, telefonía sobre Internet, etc.	Emulación de circuitos (simulación de líneas dedicadas)

IntServ y RSVP



- Para ofrecer QoS IntServ se basa en la reserva previa de recursos en todo el trayecto.
- Para esa reserva se emplea el protocolo RSVP (Resource reSerVation Protocol), parte esencial del modelo IntServ.
- La reserva garantiza la QoS solicitada. Si no quedan recursos suficientes se rechaza la petición, es decir se ejerce control de admisión o CAC (Connection Admission Control).
- Normalmente la reserva se realiza para una secuencia de datagramas relacionados entre sí, que es lo que llamamos un **flujo**.

Concepto de flujo



- **Flujo:** dícese de una secuencia de datagramas que se produce como resultado de una acción del usuario y que requiere la misma QoS.
- Un flujo es la entidad más pequeña a la que los routers pueden aplicar una determinada QoS.
- Un flujo es simplex (unidireccional).
- Ejemplo: una videoconferencia estaría formada por cuatro flujos, audio y vídeo de ida, audio y vídeo de vuelta.

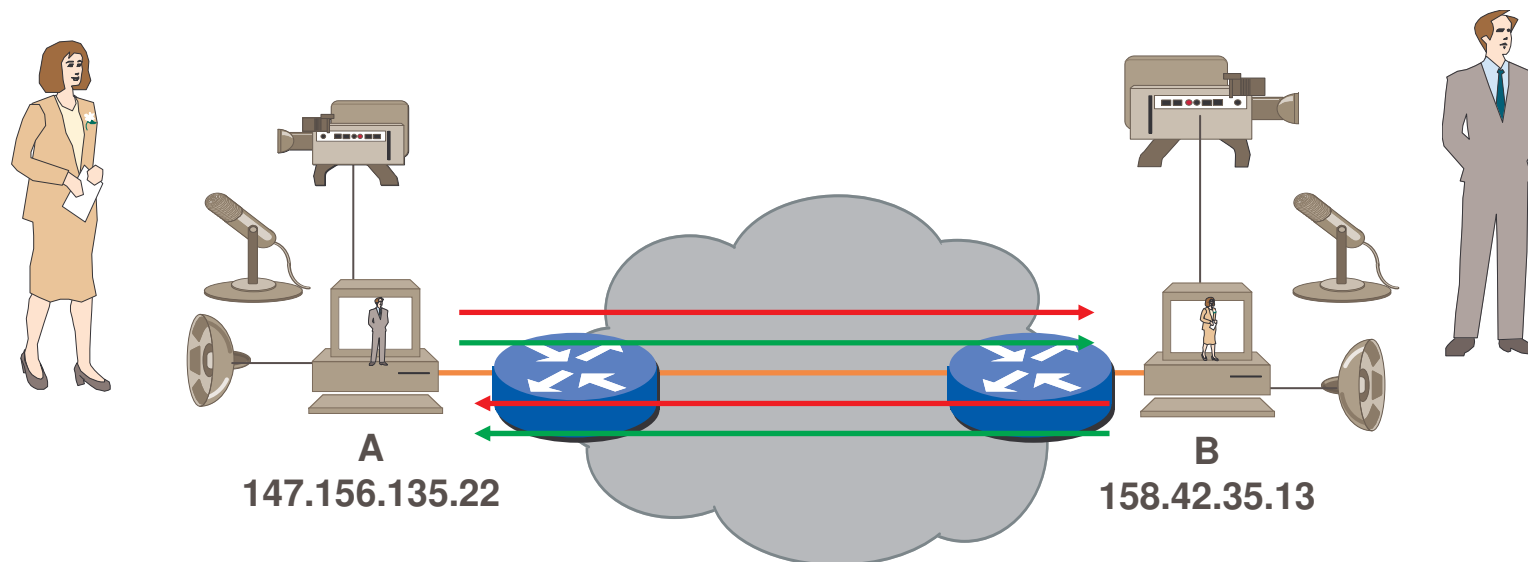
Identificación de flujos



- Un flujo se identifica por los siguientes cinco parámetros:
 - Dirección IP de origen
 - Puerto de origen
 - Dirección IP de destino
 - Puerto de destino
 - Protocolo de transporte utilizado (TCP o UDP)

- Los flujos pueden agruparse en clases; todos los flujos dentro de una misma clase reciben la misma QoS.

Flujos en una videoconferencia



- Flujo vídeo A->B: 147.156.135.22:2056 -> 158.42.35.13:4065
- Flujo audio A->B: 147.156.135.22:3567 -> 158.42.35.13:2843
- ← Flujo vídeo B->A: 158.42.35.13:1734 -> 147.156.135.22:6846
- ← Flujo audio B->A: 158.42.35.13:2492 -> 147.156.135.22:5387

¿Qué es RSVP?



- Un protocolo que reserva la capacidad solicitada por un flujo en **todos** los routers del camino.
- Realmente es un protocolo de señalización pues crea **información de estado** en los routers (como al establecer SVCs en ATM).
- Aunque se utilice en IP es un servicio orientado a conexión.
- Está pensado principalmente para tráfico multicast.
- No es un protocolo de routing (de eso se ocupará OSPF, IS-IS, PIM-SM, etc).

RSVP (Cont.)



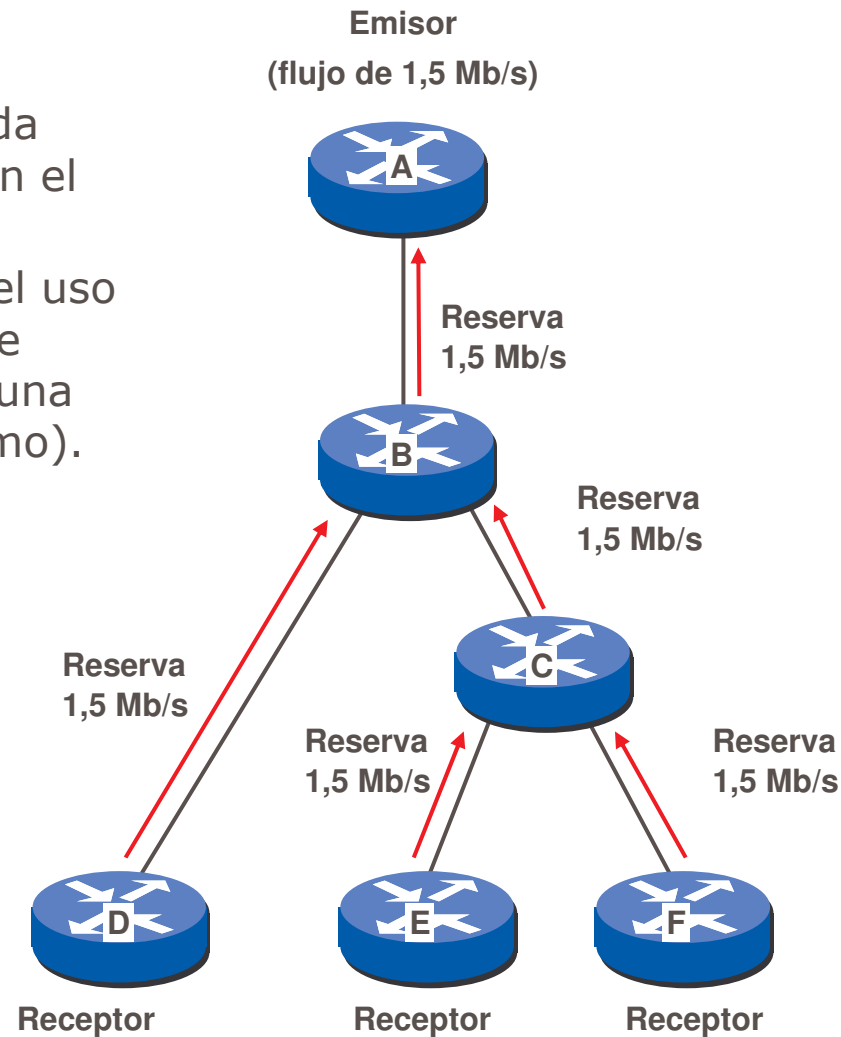
- RSVP reserva la capacidad solicitada en **todos** los routers del camino.
- Cada router ha de mantener el detalle de todas las conexiones activas que pasan por él, y los recursos que cada una ha reservado. El router mantiene **información de estado** sobre cada flujo que pasa por él.
- Si no se pueden asegurar las condiciones pedidas se rechaza la llamada (control de admisión).

Funcionamiento de RSVP en Multicast



- Las reservas se agregan a medida que ascienden en el árbol multicast.
- Así se optimiza el uso de la red (sólo se hace la reserva una vez en cada tramo).

2: Cuando más tarde E y D realizan sus peticiones no son propagadas hacia arriba por C o B, pues ya no es necesario



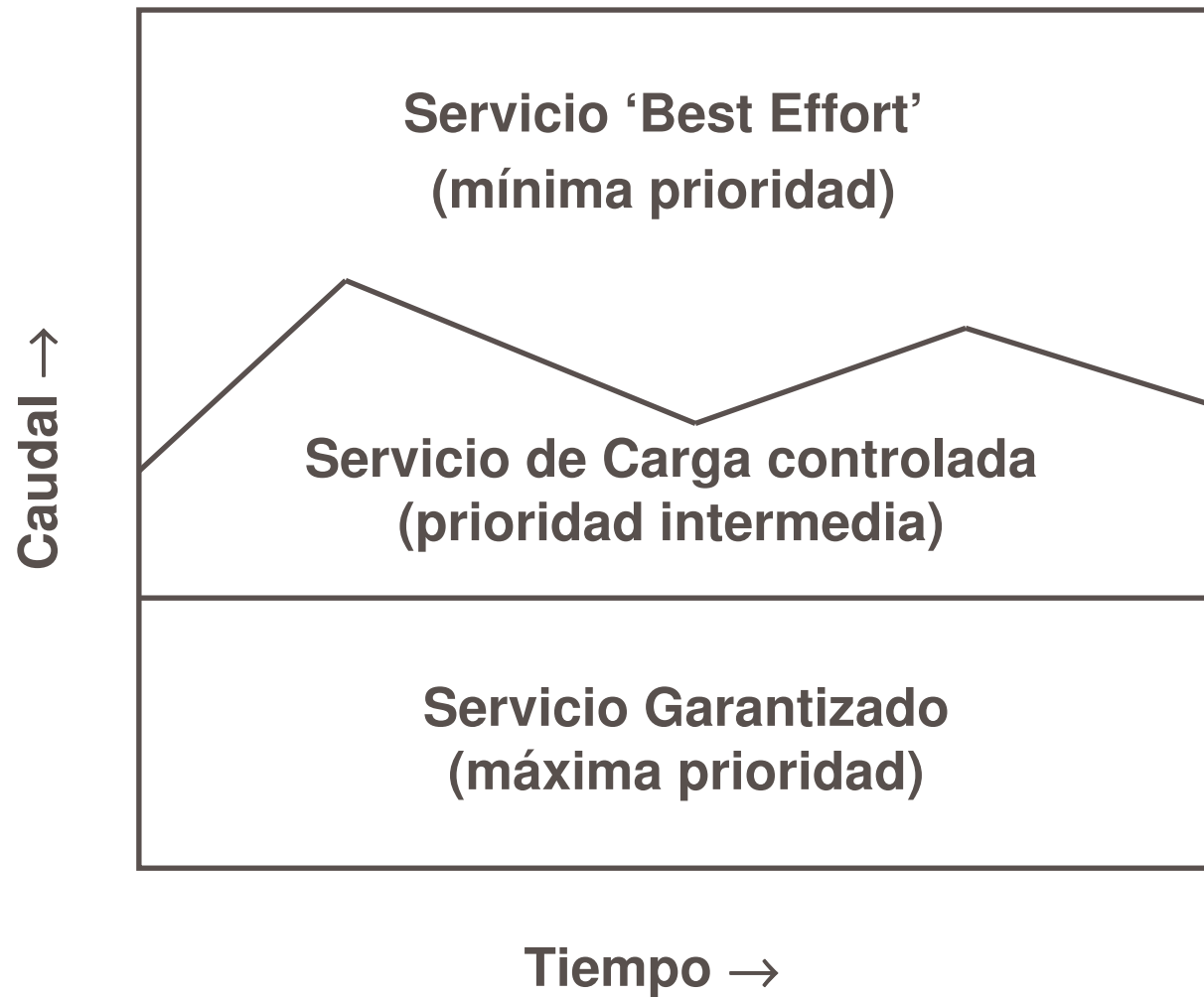
1: F pide a C que reserve 1,5 Mb/s del caudal descendente para el flujo que le va a enviar A. C propaga la petición a B quien a su vez la propaga a A

Tipos de servicio en IntServ



Servicio	Características	Equivalencia en ATM
Garantizado	<ul style="list-style-type: none">■ Garantiza un caudal mínimo y un retardo máximo■ Cada router del trayecto debe dar garantías■ A veces no puede implementarse por limitaciones del medio físico (Ej. Ethernet compartida)	CBR VBR-rt
Carga Controlada ('Controlled Load')	<ul style="list-style-type: none">■ Calidad similar a la de una red de datagramas poco cargada■ Se supone que el retardo es bajo, pero no se dan garantías	VBR-nrt
'Best Effort'	<ul style="list-style-type: none">■ Ninguna garantía (como antes sin QoS)	UBR

Reparto de recursos en IntServ



Problemas de IntServ/RSVP

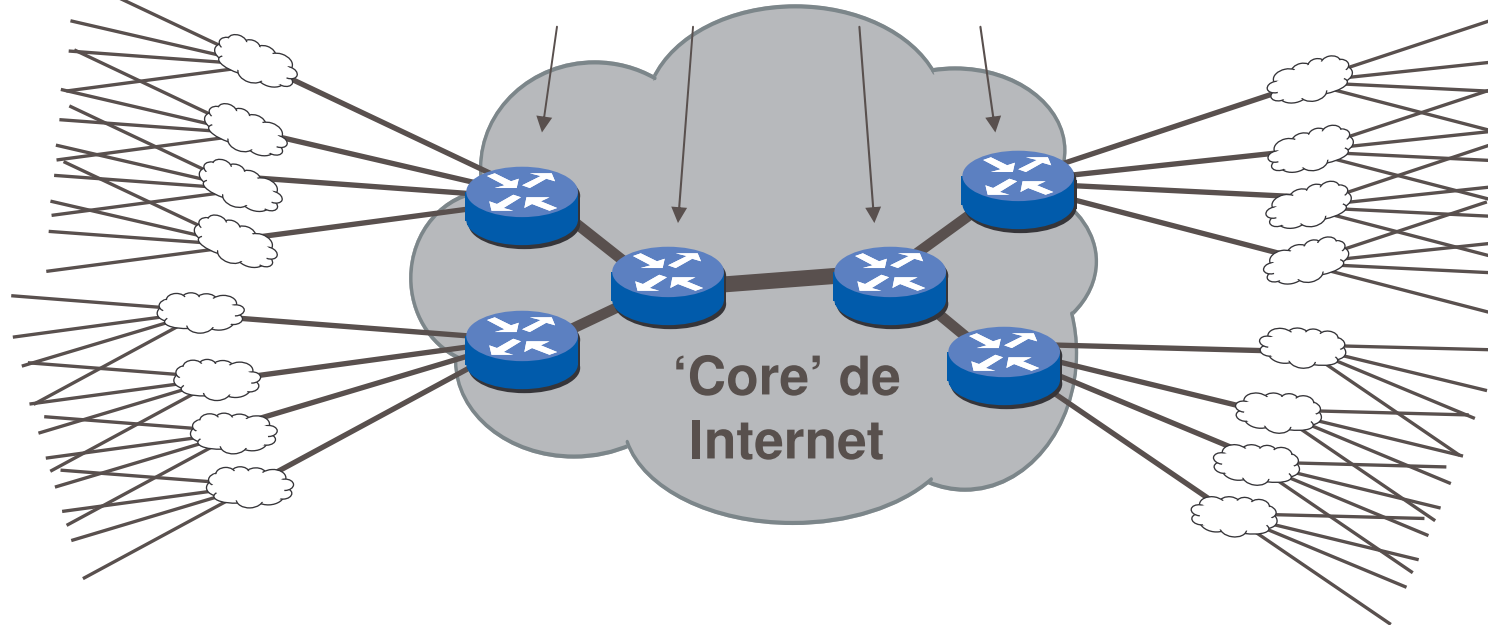


- RSVP produjo una euforia inicial (1996-1997) que luego dió paso a la decepción.
-
- La razón principal fueron problemas de **escalabilidad** debidos a la necesidad de mantener información de estado en cada router. Esto hace inviable usar RSVP en grandes redes, por ejemplo en el 'core' de Internet.

Problema de escalabilidad de RSVP



Estos routers han de mantener información sobre muchos flujos y por tanto mucha información de estado



Problemas de IntServ/RSVP



- Los fabricantes de routers no han desarrollado implementaciones eficientes de RSVP, debido al elevado costo que tiene implementar en hardware los algoritmos necesarios para mantener gran cantidad de información de estado.
- Sin embargo recientemente se han desarrollado mejoras en RSVP que resuelven algunos de estos inconvenientes.
- Además también ha resurgido el interés por RSVP para aplicarlo en MPLS (Multi Protocol Label Switching). En estos casos el número de flujos no suele ser muy grande



Sumario

- Concepto de Calidad de Servicio
- Calidad de Servicio en Internet
 - Octeto ToS en IPv4
 - Modelo IntServ y protocolo RSVP
 - **Prioridad y etiqueta de flujo en IPv6**
 - Modelo DiffServ
- Calidad de servicio en LANs
- Control de congestión en Internet
- MPLS

QoS en IPv6



- Al desarrollar IPv6 estaba claro que los flags del octeto ToS no eran útiles. En cambio la precedencia si que tenía cierta aceptación entre los fabricantes y usuarios.
- Por otro lado la aparición del modelo IntServ por las mismas fechas llevó a diseñar en IPv6 algún mecanismo que simplificara la identificación de los flujos.

Cabecera IPv6 (RFC 1883, 1995)



Versión	Prior.	Etiqueta de flujo		
Longitud de carga útil		Sig. Cabecera	Límite saltos	
Dirección de origen (16 bytes)				
Dirección de destino (16 bytes)				

- Prioridad (4 bits): hasta 16 niveles posibles. Mayor es mejor
- Etiqueta de flujo (24 bits): el host emisor incluye aquí una etiqueta que identifica de forma única cada flujo que genera. Esto permite a los routers distinguir más fácilmente los paquetes que pertenecen al mismo flujo (no tienen que inspeccionar tantos campos).
- Aun no se han desarrollado aplicaciones que hagan uso del campo 'etiqueta de flujo'



Sumario

- Concepto de Calidad de Servicio
- Calidad de Servicio en Internet
 - Octeto ToS en IPv4
 - Modelo IntServ y protocolo RSVP
 - Prioridad y etiqueta de flujo en IPv6
 - **Modelo DiffServ**
- Calidad de servicio en LANs
- Control de congestión en Internet
- MPLS

Modelo DiffServ (Differentiated Services)



- Intenta evitar los problemas de escalabilidad que plantea IntServ/RSVP.
- Se basa en marcar los paquetes con una etiqueta y acordar con todos los routers un tratamiento según la etiqueta:
 - No hay reserva de recursos por flujo (los routers no 'ven' los flujos)
 - No hay protocolo de señalización
 - No hay información de estado en los routers.
- Las garantías de calidad de servicio no son tan estrictas como en IntServ, pero en muchos casos son suficientes.
- Puesto que los paquetes se clasifican en 'clases' a veces a esto se le denomina CoS (Class of Service).

DiffServ (II)



- A cada clase le corresponde un SLA (Service Level Agreement). Los usuarios pueden contratar unos determinados valores de los parámetros QoS para cada clase.
- El número de clases posibles es limitado e independiente del número de flujos o usuarios; por tanto la complejidad es constante, no proporcional al número de usuarios. La información se puede sumarizar fácilmente, la arquitectura es escalable.
- La información de QoS cabalga 'montada' en los datagramas en un campo nuevo llamado DS.
- Los routers solo han de saber que tratamiento deben dar a cada clase. Esto lo saben por configuración (no es información de estado)

Campo DS (RFC 2474)



- DSCP: Differentiated Services CodePoint. Seis bits que indican el tratamiento que debe recibir este paquete en los routers
- CU: Currently Unused (reservado). Este campo se utiliza actualmente para control de congestión (ECN, RFC 3168)



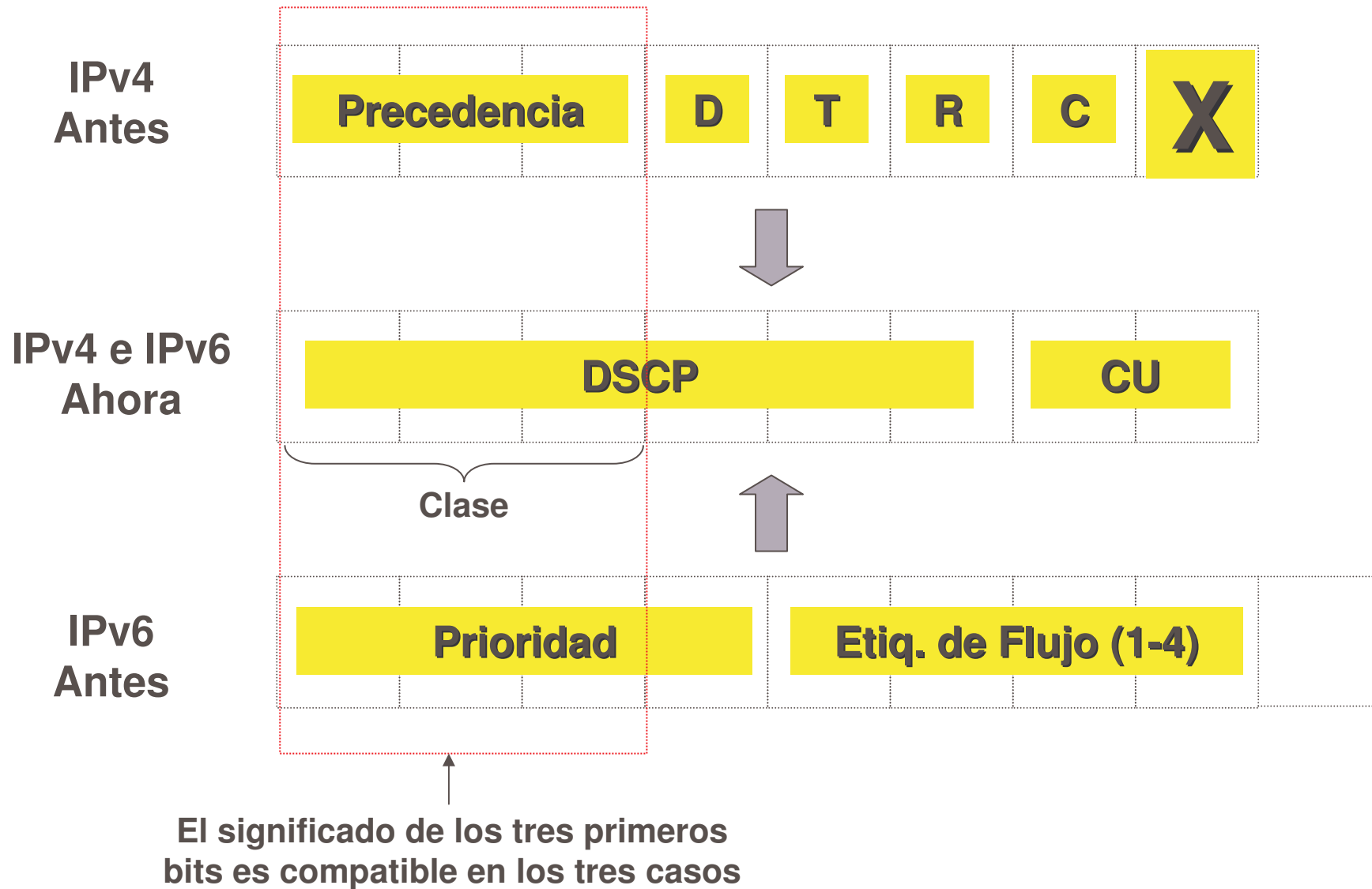
Cabecera IPv4 con DiffServ

Version	Lon.Cab.	DS	Longitud total			
Identificación			X	D	M	Desplazamiento fragmento
				F	F	
Tiempo de vida	Protocolo		Checksum			
Dirección de origen						
Dirección de destino						
Opciones						

Cabecera IPv6 con DiffServ

Versión	DS	Etiqueta de flujo		
Longitud de carga útil		Sig. Cabecera	Límite saltos	
Dirección de origen (16 bytes)				
Dirección de destino (16 bytes)				

Aparición del campo DS en IPv4 e IPv6



Campo DSCP



- 6 bits = 64 categorías de tráfico posibles.
- De momento se han dividido en 3 grupos:

Codepoint	Valores	Uso
cccy0	32	Estándar
xxxx11	16	Local/experimental
xxxx01	16	Reservado

En el grupo estándar los tres primeros bits (ccc) indican la clase

Tipos de Servicio en DiffServ



Servicio	Características	Equivalencia en ATM
'Expedited Forwarding' o 'Premium'	<ul style="list-style-type: none">■ Es el que da más garantías. Equivale a una línea dedicada■ Lo garantiza todo: Caudal, tasa de pérdidas, retardo y jitter	CBR VBR-rt
'Assured Forwarding'	<ul style="list-style-type: none">■ Asegura un trato preferente, pero sin fijar garantías (no hay SLA)■ Se definen cuatro clases y en cada una tres niveles de descarte de paquetes	VBR-nrt
'Best Effort'	<ul style="list-style-type: none">■ Ninguna garantía, obtiene solo las migajas	UBR

Significado de las clases del DSCP



Rango (decimal)	Valor (binario)	Significado	Equivalente precedencia
56-63	111xxx	Control de la red	7
48-55	110xxx	Control de la red	6
40-47	101xxx	Expedited Forwarding	5
32-39	100xxx	Assured Forwarding clase 4	4
24-31	011xxx	Assured Forwarding clase 3	3
16-23	010xxx	Assured Forwarding clase 2	2
8-15	001xxx	Assured Forwarding clase 1	1
0-7	000xxx	Best effort (default)	0

Servicio EF (Expedited Forwarding) o 'Premium'



- Es el que da mayor seguridad ('virtual leased line').
- Ofrece un SLA (Service Level Agreement) que lo garantiza todo:
 - Ancho de banda mínimo
 - Tasa máxima de pérdida de paquetes
 - Retardo máximo
 - Jitter máximo
- Se garantiza el caudal, pero no se toleran excesos
- Le corresponde el DSCP '101110' (46 en decimal)

Servicio AF (Assured Forwarding)



- El nombre es engañoso pues no ‘asegura’ el envío. Asegura un trato preferente (respecto al Best Effort y los AF de clase inferior), pero no garantiza parámetros (no hay SLAs).
- Se definen cuatro clases: 4, 3, 2, 1 (más es mejor).
- En los routers se puede asignar recursos (ancho de banda y espacio en buffers) independientemente para cada clase.
- En cada clase se definen tres categorías de descarte de paquetes: alta, media y baja.
- Le corresponden 12 diferentes DSCP: ‘ccdd0’ (ccc = clase, dd = descarte).

Codepoints del Servicio AF ('ccdd0')



Mientras que en la clase 'mas es mejor' en la probabilidad de descarte 'mas es peor'

Mayor prioridad

Menor prioridad

Mayor probabilidad de descarte ↔ Menor probabilidad de descarte

Precedencia de descarte 'dd'			
Clase 'ccc'	Alta '11'	Media '10'	Baja '01'
4 '100'	100110 AF43 38	100100 AF42 36	100010 AF41 34
3 '011'	011110 AF33 30	011100 AF32 28	011010 AF31 26
2 '010'	010110 AF23 22	010100 AF22 20	010010 AF21 18
1 '001'	001110 AF13 14	001100 AF12 12	001010 AF11 10

Binario

Nombre

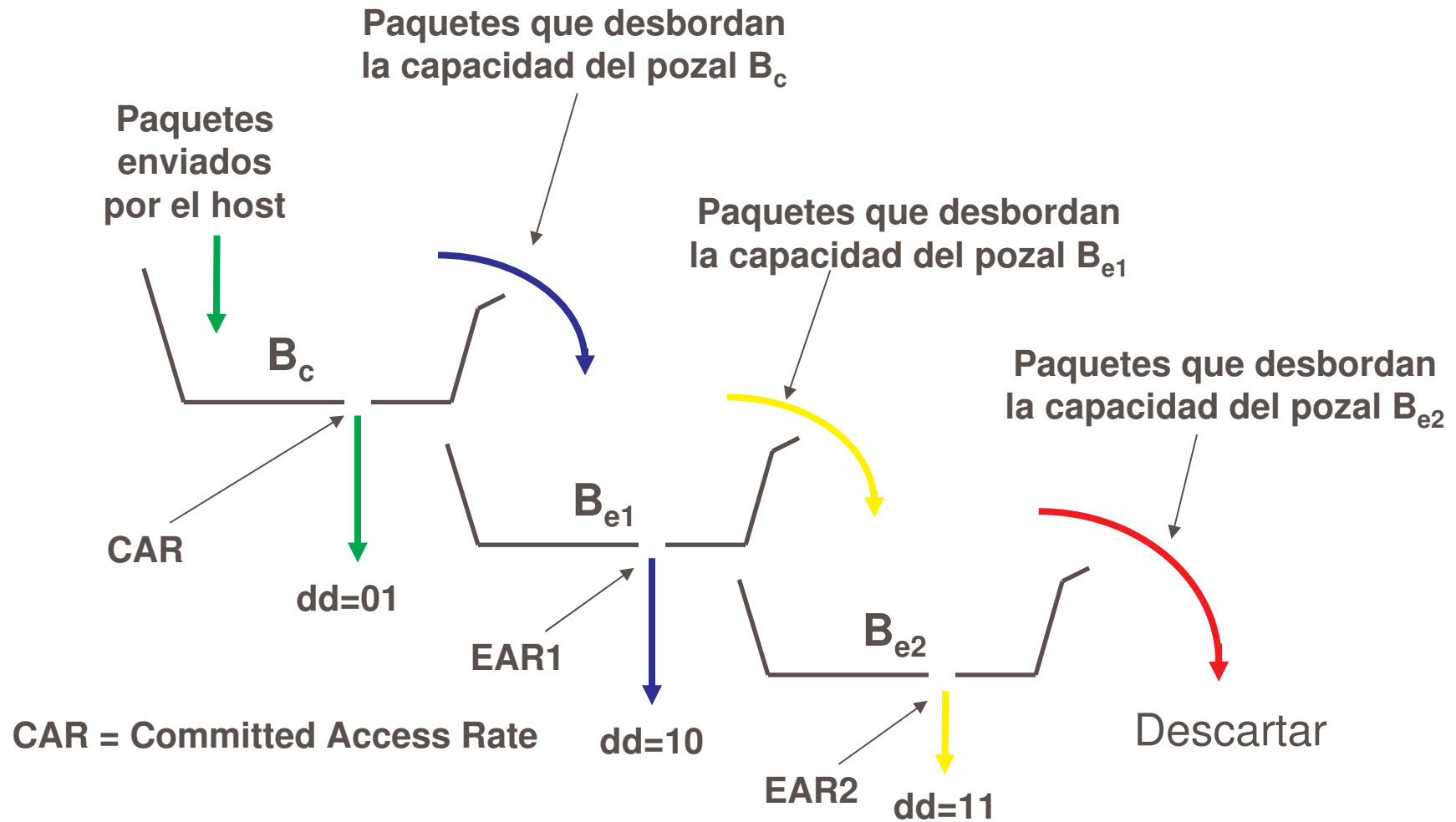
Decimal

Traffic Policing en Servicio AF



- En el servicio AF el usuario puede contratar con el ISP un caudal para cada clase.
- El ISP puede aplicar 'traffic policing' sobre el tráfico del usuario y si se excede jugar con los bits de precedencia de descarte, usándolos de forma parecida al bit DE de Frame Relay o al CLP de ATM.
- Existen tres niveles de prioridad de descarte, el ISP puede utilizar uno u otro en función de lo 'gorda' que sea la infracción. Normalmente se utiliza el algoritmo del pozal agujereado

Traffic Policing en el Servicio AF



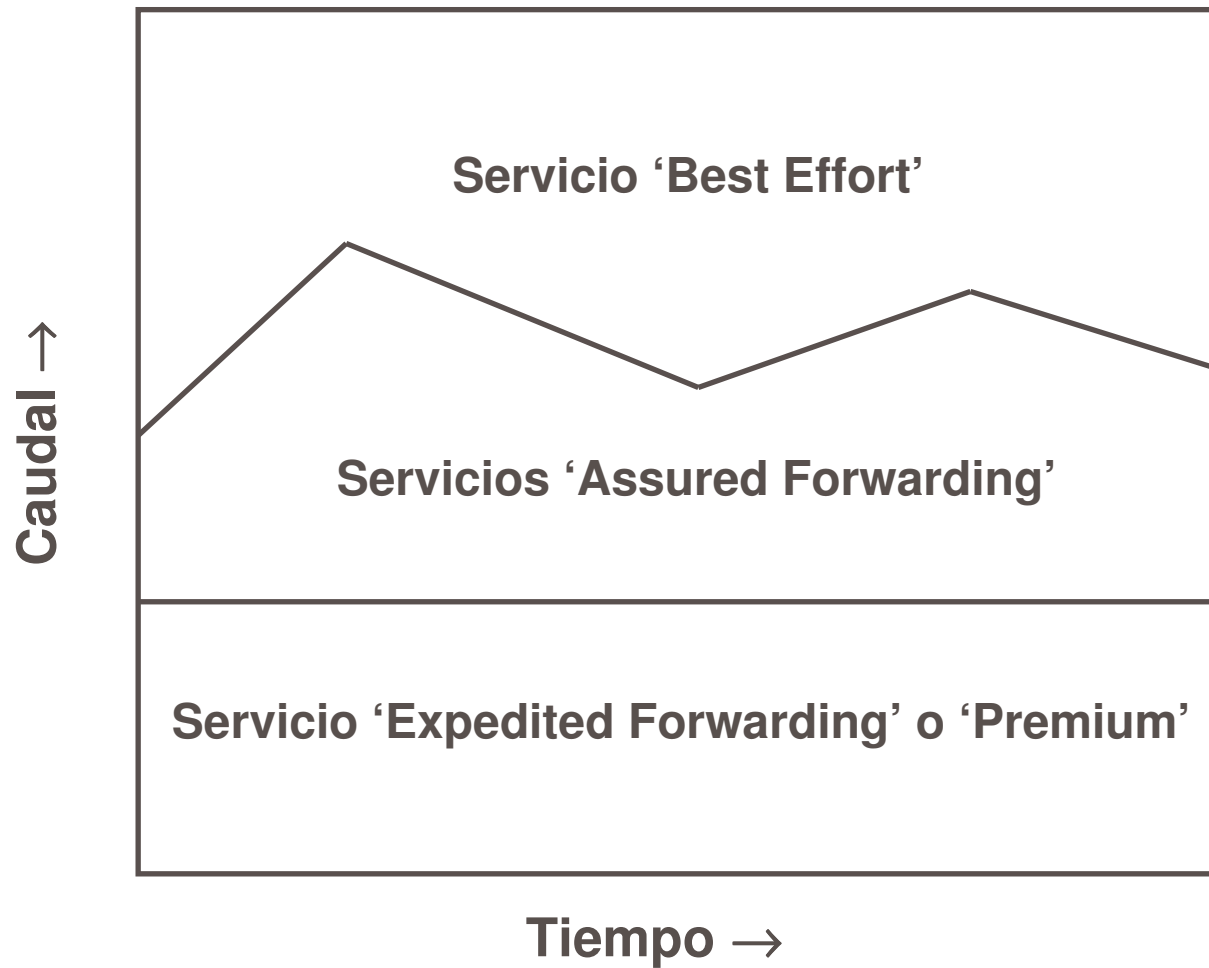
Valores del campo DSCP



Dec.	Binario	Significado
62	111110	Reserv.
60	111100	Reserv.
58	111010	Reserv.
56	111000	Preced. 7 (routing y control)
54	110110	Reserv.
52	110100	Reserv.
50	110010	Reserv.
48	110000	Preced. 6 (routing y control)
46	101110	EF (Premium)
44	101100	Config. Usuario
42	101010	Config. Usuario
40	101000	Preced. 5
38	100110	AF43
36	100100	AF42
34	100010	AF41
32	100000	Preced. 4

Dec.	Binario	Significado
30	011110	AF33
28	011100	AF32
26	011010	AF31
24	011000	Preced. 3
22	010110	AF23
20	010100	AF22
18	010010	AF21
16	010000	Preced. 2
14	001110	AF13
12	001100	AF12
10	001010	AF11
8	001000	Preced. 1
6	000110	Config. usuario
4	000100	Config. Usuario
2	000010	Config. Usuario
0	000000	Preced. 0 (Best Effort, default)

Reparto de recursos en DiffServ



Implementación de DiffServ



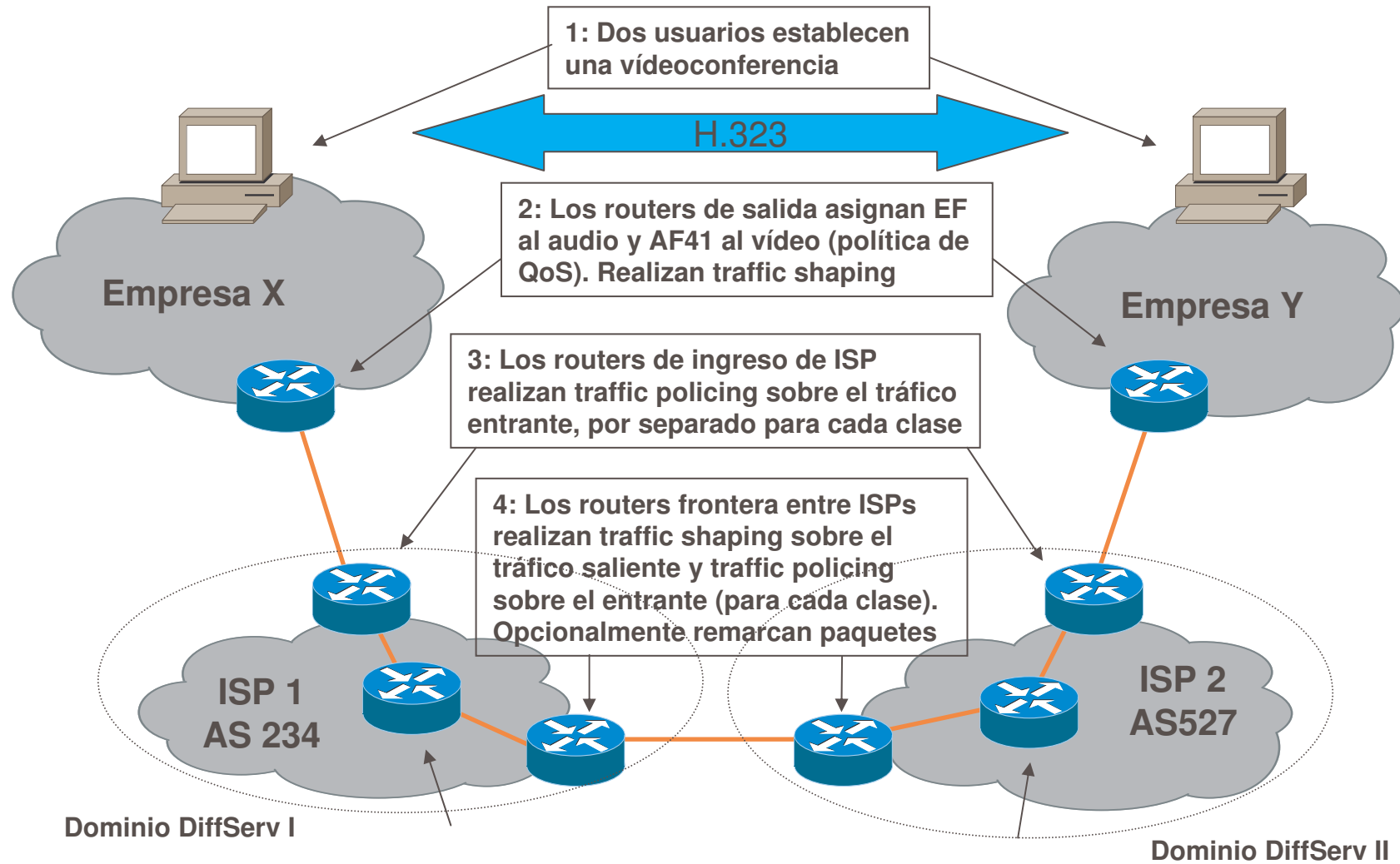
- El DSCP (la clase) se asigna según alguna característica del paquete: IP origen/destino o puerto origen/destino.
- Se puede incluso identificar y clasificar paquetes que pertenecen a protocolos que utilizan puertos dinámicos por el patrón de tráfico que generan (p. ej. peer-to-peer).
- El Traffic Policing sólo se ejerce en los routers de entrada a la red del ISP y en los que atraviesan fronteras entre ISPs (normalmente en las fronteras entre sistemas autónomos). Esto es lo que se conoce como un 'Dominio DiffServ'.
- El router de ingreso al dominio DiffServ se encarga de marcar el campo DSCP (de acuerdo con la política de QoS). Los siguientes solo han de realizar el tratamiento que corresponde según el DSCP.

Implantación de Diffserv

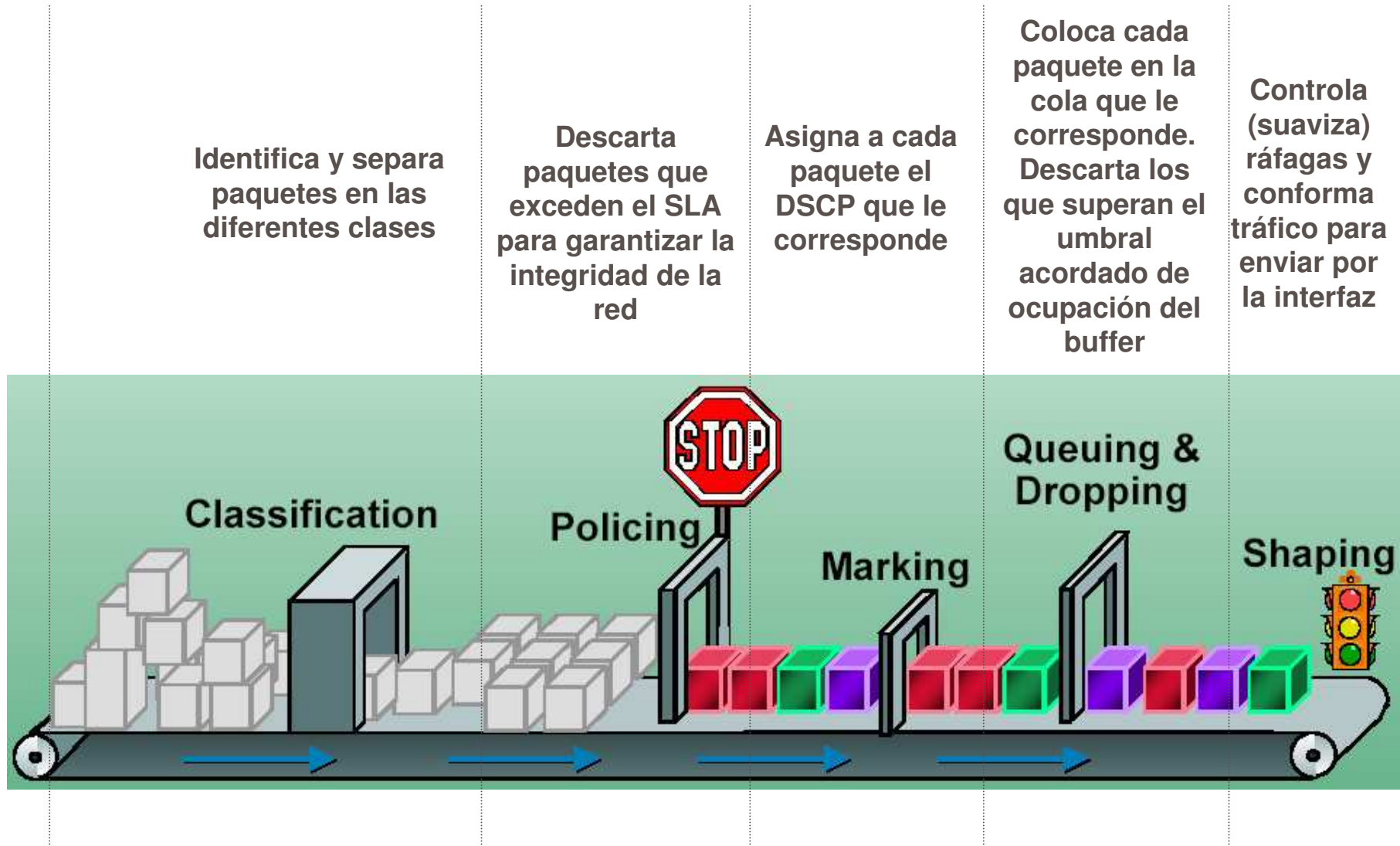


- El acuerdo de 'peering' entre dos ISPs puede, o no, incluir QoS.
- Si dos ISP acuerdan intercambiar tráfico manteniendo la QoS han de establecer si los DSCP se mantienen inalterados, o si se realiza una conversión de acuerdo con determinada equivalencia, para mantener la semántica.
- En la entrada de cada 'DS domain' un router frontera se encargará del marcado o remarcado de los paquetes, de acuerdo con la política de QoS.

Funcionamiento de DiffServ en Internet



Funciones QoS desempeñadas por los routers...



IntServ vs DiffServ



- IntServ fue desarrollado con anterioridad a DiffServ. Sin embargo DiffServ se ha extendido más que IntServ.
- DiffServ permite agregar flujos, el modelo es escalable.
- Debido a estas diferencias muchos fabricantes de routers implementan versiones eficientes de DiffServ, pero no de IntServ.
- Actualmente muchos ISP implementan DiffServ.
- Qbone (red experimental de QoS en Internet 2) utiliza el modelo DiffServ.



Sumario

- Concepto de Calidad de Servicio
- Calidad de Servicio en Internet
 - Octeto ToS en IPv4
 - Modelo IntServ y protocolo RSVP
 - Prioridad y etiqueta de flujo en IPv6
 - Modelo DiffServ
- **Calidad de servicio en LANs**
- Control de congestión en Internet
- MPLS

QoS en LANs

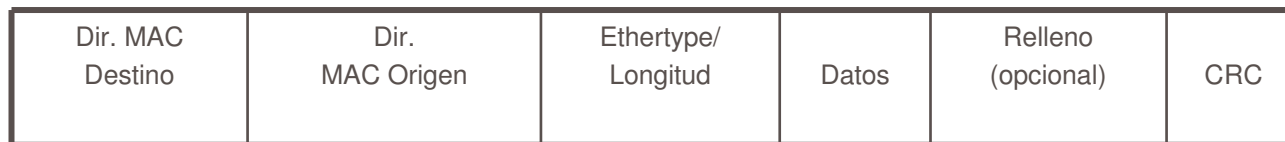


- Desarrollada en 802.1p y 802.1Q.
- Campo prioridad de tres bits. Hasta ocho niveles o 'clases' posibles (modelo sin información de estado, similar a DiffServ).
- La prioridad va anotada en la etiqueta de VLAN.
Consecuencia: solo puede utilizarse QoS en enlaces 'trunk'.
- Interés limitado dada la posibilidad en la LAN de sobredimensionar a bajo costo.
- Normalmente la QoS de LAN va asociada a la QoS a nivel de red, haciendo una equivalencia de prioridades 802.1p a tipos de servicio IntServ o DiffServ(más fácil con DiffServ).

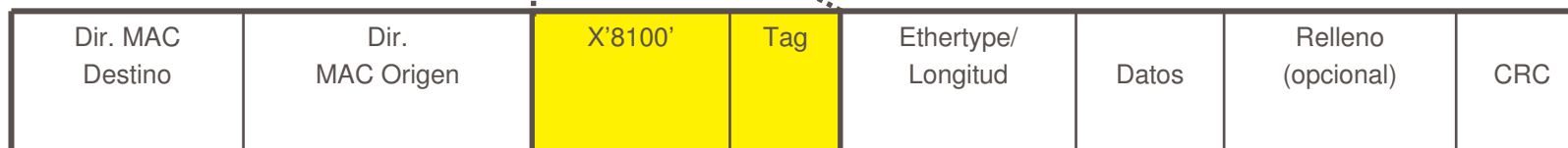
Etiquetado de tramas según 802.1Q



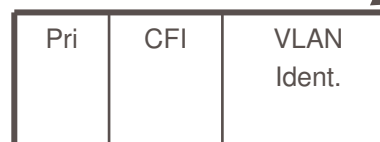
Trama 802.3



Trama 802.1Q



El Etherype X'8100' indica 'protocolo' VLAN



Bits → 3 1 12

Pri: Prioridad (8 niveles posibles)

CFI: Canonical Format Indicator (indica formato de direcciones MAC)

VLAN Ident.: Identificador VLAN (máximo 4096 en una misma red)

QoS: Implementación



- Normalmente los conmutadores y routers que soportan QoS tienen varias colas de salida por interfaz (a veces también de entrada) en las que pueden usar diferentes algoritmos.
- Las colas pueden implementarse por software o por hardware. Cuando son por hardware el número suele estar entre dos y cinco.
- Los mecanismos hardware son los mismos para nivel 2 (802.1q) que para nivel 3 (DiffServ).
- No hay reservas estrictas sino asignaciones aproximadas.

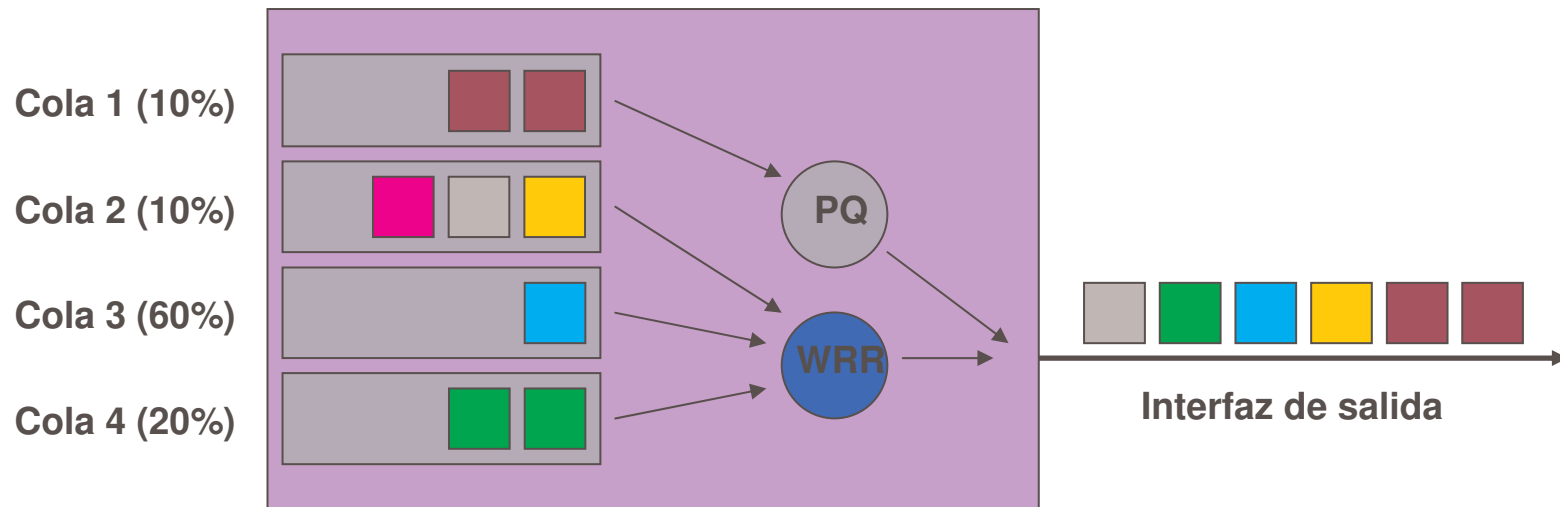
Configuración QoS recomendada en conmutadores Catalyst 3560 para VoIP



Tipo de tráfico	Etiqueta DSCP	Clase	Prior. 802.1p/Q	Cola salida	Caudal salida	Tamaño buffer
Datos VoIP	46 (EF)	5	5	1(Priority)	10%	10%
Control Voz y vídeo	26 (AF31)	3	3	2 (WRR)	10 %	10%
Prot. Routing	48	6	6			
Spanning Tree	56	7	7			
Vídeo t. real	34 (AF41)	4	4	3 (WRR)	60%	26%
Datos oro (1 ^a)	16	2	2			
Datos plata (2 ^a)	8	1	1	4 (WRR)	20%	54%
Datos resto (3 ^a)	0 (BE)	0	0			

WRR: Weighted Round Robin

Encolamiento de paquetes en routers y conmutadores (nivel 2 y 3)



Algoritmos de encolamiento:

- PQ: Priority Queue. Siempre va la primera, pero no recibe más de lo asignado.
- WRR: Weighted Round Robin. Cada cola obtendrá al menos su parte, y si hay caudal libre obtendrá más

Referencias QoS



- 'Quality of Service-Fact or Fiction?' Geoff Huston, Internet Protocol Journal Vol. 3 N° 1.
http://www.cisco.com/warp/public/759/ipj_3-1/ipj_3-1_qos.html
- Intserv: <http://www.ietf.org/html.charters/intserv-charter.html>
- RSVP: <http://www.ietf.org/html.charters/rsvp-charter.html> . Ver también: <http://www.isi.edu/rsvp/pub.html>
- Diffserv: <http://www.ietf.org/html.charters/diffserv-charter.html>
- Grupo de Trabajo QoS Internet2:
<http://www.internet2.edu/qos/wg>
- Qbone: <http://qbone.internet2.edu>
- B. Teitelbaum: 'Internet 2 Qbone: A Test Bed for Differentiated Services', http://www.isoc.org/inet99/proceedings/4f/4f_1.htm
- Proyecto Quantum: <http://www.dante.net/quantum>



Sumario

- Concepto de Calidad de Servicio
- Calidad de Servicio en Internet
 - Octeto ToS en IPv4
 - Modelo IntServ y protocolo RSVP
 - Prioridad y etiqueta de flujo en IPv6
 - Modelo DiffServ
- Calidad de servicio en LANs
- **Control de congestión en Internet**
- MPLS

Control de congestión en Internet



- El mecanismo tradicional de control de congestión en IP es el control que ejerce TCP por medio del 'slow-start'. Este mecanismo solo actúa cuando ya se ha perdido algún paquete.
- Cuando los routers empiezan a descartar por llenado de buffers suelen descartar todos los paquetes que les llegan. Esto hace que todas las sesiones TCP ejecuten el 'slow-start' y se cae en un comportamiento oscilante. El rendimiento es malo.
- Se ha visto que el rendimiento global mejora si se descartan algunos paquetes (al azar) bastante antes de llenar los buffers. Esto obliga a algunas sesiones a realizar el slow-start, pero no todas a la vez. Esto se conoce como RED (Random Early Detect o Random Early Discard)

Mecanismos de Control de Congestión en Internet



Mecanismo	Consiste en:	Aplicado a nivel de:
Slow Start	Cuando un host detecta pérdidas reduce el ritmo y se autocontrola.	Transporte (TCP)
RED (Random Early Detect)	Cuando los routers detectan congestión descartan paquetes al azar. Los hosts reducen el ritmo.	Red (IP)
ECN (Explicit Congestion Notification)	Cuando los routers detectan congestión notifican a los hosts para que reduzcan el ritmo.	Red (IP) y Transporte (TCP)

ECN en Internet



- El RFC 2481(1/1999) definió el uso de los dos bits libres del campo DS para el subcampo ECN (Explicit Congestion Notification). También se añadieron dos flags en la cabecera TCP. Se especificó como un protocolo 'Experimental'.
- El RFC 3168 (7/2001) deja obsoleto al RFC 2481, eleva el ECN al status de 'Standards Track' y aclara algunos puntos.
- Ya hay algunas implementaciones de ECN (Linux)

Campo ECN en IP (RFC 3168)

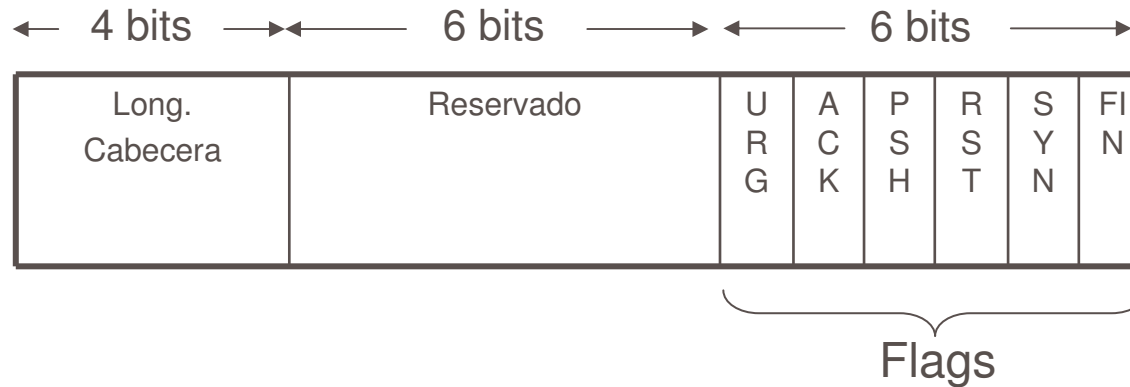


ECN	Significado
00	El Host emisor no soporta ECN.
01	El Host emisor soporta ECN (caso alternativo).
10	El Host emisor soporta ECN (caso normal).
11	El Host soporta ECN. La red ha marcado congestión.

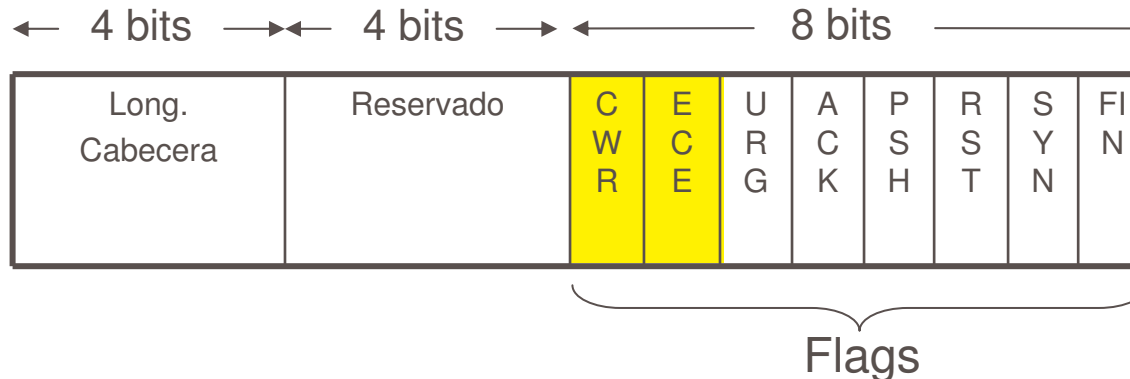
Formato de los bytes 13 y 14 en la cabecera TCP



Antes de ECN:



Después de ECN:



CWR: Congestion Window Reduced
ECE: ECN Echo

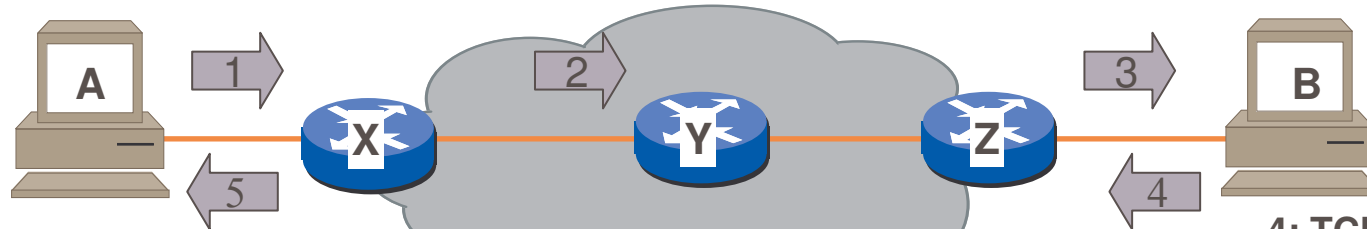
Funcionamiento de IP y TCP con ECN



1: A envía un paquete a B
IP: ECN = '10'
TCP: CWR = 0, ECE = 0

2: Router Y recibe el paquete, detecta congestión y cambia ECN
IP: ECN = '11'

3: B recibe el paquete y detecta que ha habido congestión en el camino (ECN = '11')



5: A recibe aviso de B (ECE = 1)

4: TCP de B envía paquete de aviso a A
IP: ECN = '10'
TCP: CWR = 0, ECE = 1

6: TCP de A reduce su ventana y envía confirmación a B indicando que ha recibido el aviso
IP: ECN = '10'
TCP: CWR = 1, ECE = 0

7: B recibe confirmación (CWR = 1) y se queda tranquilo (sabe que no ha de insistir con ECE = 1)

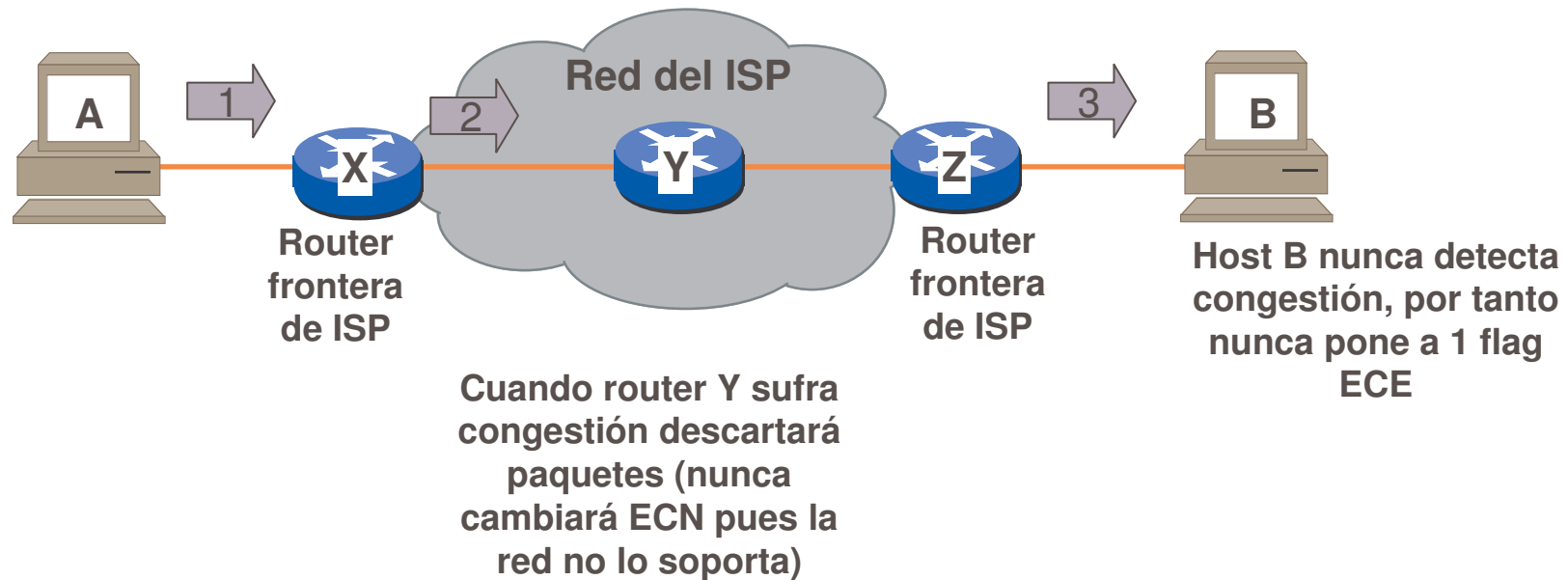
ECN en una red que 'engaña' al host



1: A envía paquete a B
IP: ECN = '10'
TCP: CWR = 0, ECE = 0

2: Router X pone
ECN = '00' y lo envía

3: Router Z recibe
paquete, pone ECN = '10'
y lo envía a B



ECN alternativo



- El caso alternativo funciona igual, salvo que el host pone el segundo bit y el router el primero.
- Con dos posibles maneras de marcar el soporte de congestión en el host resulta mucho más difícil para el ISP engañar al usuario.
- Por ejemplo en el caso anterior el router Z no sabe si ha de restaurar el ECN '10' o el '01'. Para saberlo tendría que preguntar al router de entrada (X) y mantener ambos información de estado para cada conexión TCP activa.

Funcionamiento de ECN



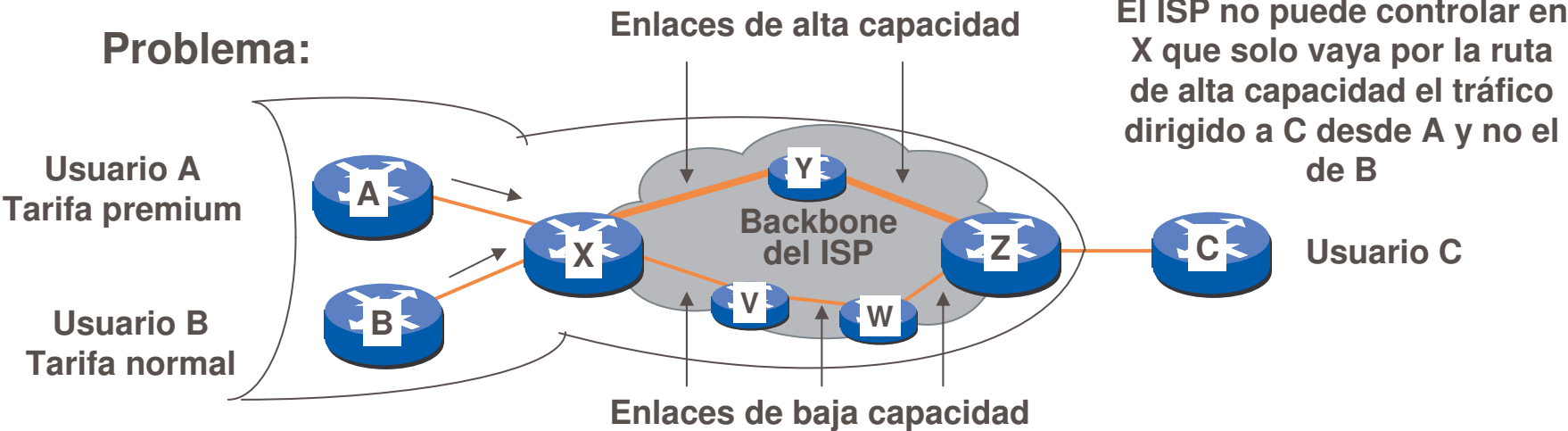
- El bit de congestión de ECN equivale en IP a:
 - El bit EFCI de ATM (bit intermedio del campo PTI, EFCI=Explicit Forward Congestion Indication)
 - El bit FECN (Forward Explicit Congestion Notification) de Frame Relay



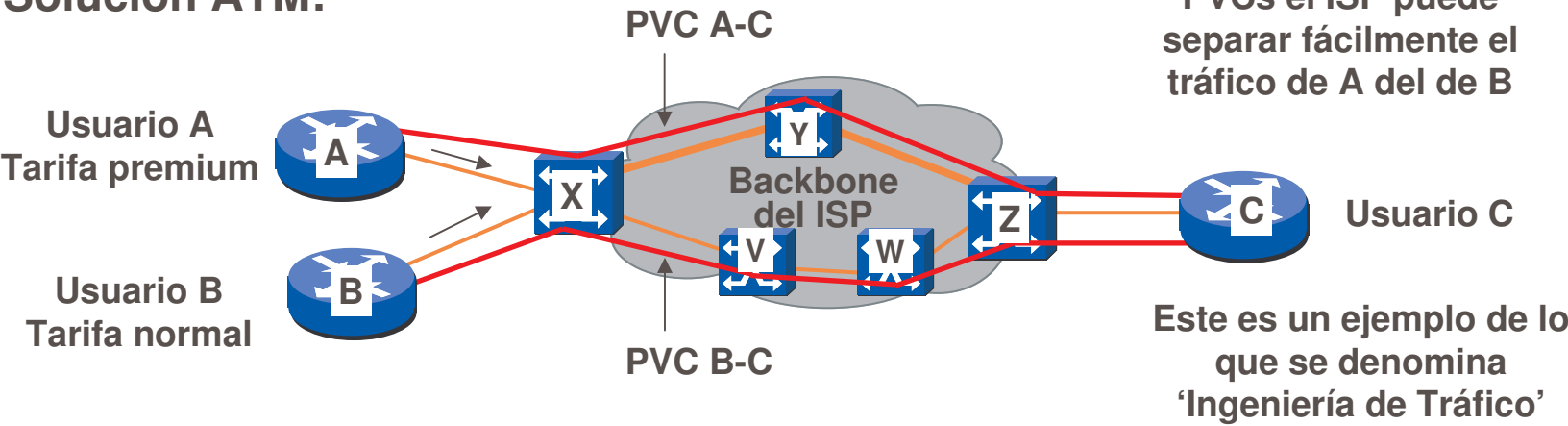
Sumario

- Concepto de Calidad de Servicio
- Calidad de Servicio en Internet
 - Octeto ToS en IPv4
 - Modelo IntServ y protocolo RSVP
 - Prioridad y etiqueta de flujo en IPv6
 - Modelo DiffServ
- Calidad de servicio en LANs
- Control de congestión en Internet
- **MPLS**

Policy routing: El problema del 'pez'



Solución ATM:



Problema de los routers IP



- Es difícil encaminar eficientemente los datagramas cuando hay que respetar reglas externas, ajenas a la dirección de destino, es decir hay que hacer 'policy routing' o enrutamiento por políticas de uso.
- Resulta difícil hacer Gigarouters eficientes que respeten el 'policy routing'.
- Esto es especialmente crítico en los enlaces troncales de las grandes redes.
- ATM puede resolver el problema gracias a la posibilidad de fijar la ruta de los datagramas mediante el establecimiento del VC.

ATM vs IP



Ventajas de ATM

- Rápida conmutación (consulta en tabla de VPI o VPI/VCI).
- Posibilidad de fijar la ruta según el origen (ingeniería de tráfico) .

Inconvenientes de ATM

- SAR (segmentación y reensamblado). Solo se da en el origen y destino.
- Overhead ($\cong 13\%$) debido al 'Cell tax' (cabecera) encapsulado AAL5, etc.

MPLS



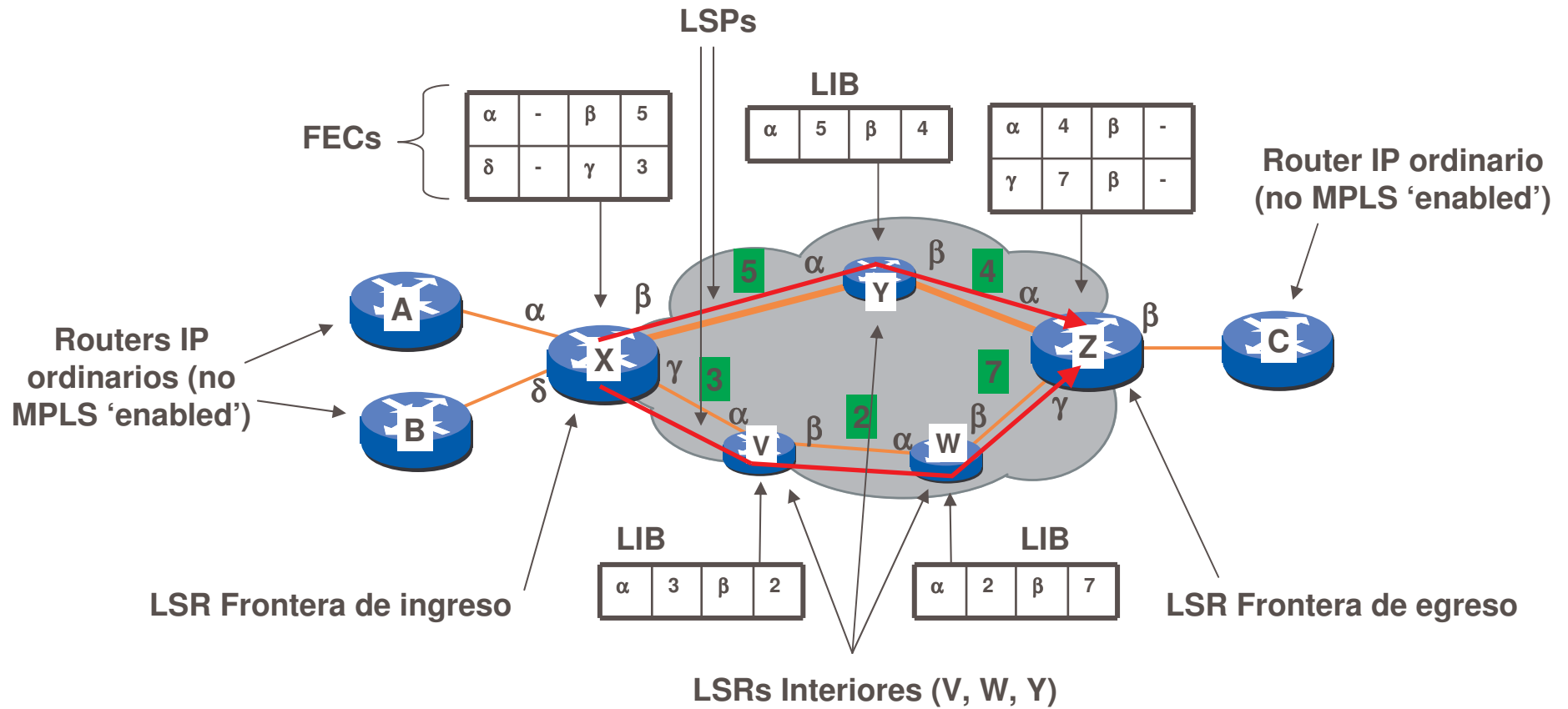
- MPLS (Multiprotocol Label Switching) intenta conseguir las ventajas de ATM, pero sin sus inconvenientes
- Asigna a los datagramas de cada flujo una etiqueta única que permite una conmutación rápida en los routers intermedios (solo se mira la etiqueta, no la dirección de destino)
- Las principales aplicaciones de MPLS son:
 - Funciones de ingeniería de tráfico (a los flujos de cada usuario se les asocia una etiqueta diferente)
 - Policy Routing
 - Servicios de VPN
 - Servicios que requieren QoS

Terminología MPLS



- **FEC (Forwarding Equivalence Class):** Conjunto de paquetes que entran en la red MPLS por la misma interfaz, que reciben la misma etiqueta y por tanto circulan por un mismo trayecto. Normalmente se trata de datagramas que pertenecen a un mismo flujo. Una FEC puede agrupar varios flujos, pero un mismo flujo no puede pertenecer a más de una FEC al mismo tiempo.
- **LSP (Label Switched Path):** Camino que siguen por la red MPLS los paquetes que pertenecen a la misma FEC. Es equivalente a un circuito virtual en ATM o Frame Relay.
- **LSR (Label Switching Router) :** Router que puede encaminar paquetes en función del valor de la etiqueta MPLS
- **LIB (Label Information Base):** La tabla de etiquetas que manejan los LSR. Relaciona la pareja (interfaz de entrada - etiqueta de entrada) con (interfaz de salida - etiqueta de salida)
- Los LSR pueden ser a su vez de varios **tipos:**
 - **LSR Interior:** El que encamina paquetes dentro de la red MPLS. Su misión es únicamente cambiar las etiquetas para cada FEC según le indica su LIB
 - **LSR Frontera de ingreso:** Los que se encuentran en la entrada del flujo a la red MPLS (al principio del LSP). Se encargan de clasificar los paquetes en FECs y poner las etiquetas correspondientes.
 - **LSR Frontera de egreso:** Los que se encuentran a la salida del flujo de la red MPLS (al final del LSP). Se encargan de eliminar del paquete la etiqueta MPLS, dejándolo tal como estaba al principio

Terminología MPLS



Creación de los LSP (Label Switched Path)



- Se puede hacer:
 - Por configuración, de forma estática (equivalente a los PVCs en ATM)
 - Por un protocolo de señalización:
 - LDP: Label Distribution Protocol
 - RSVP mejorado

- El enrutamiento del LSP se hace en base a la información que suministra el protocolo de routing, normalmente IS-IS o (más raramente) OSPF.

- Siempre se usan algoritmos del estado del enlace, que permiten conocer la ruta completa y por tanto fijar reglas de ingeniería de tráfico.

- Si una vez fijado el LSP falla algún enlace hay que crear un nuevo LSP por otra ruta para poder pasar tráfico

Clasificación del tráfico en FECs



- Se puede efectuar en base a diferentes criterios, como por ejemplo:
 - Dirección IP de origen o destino (dirección de host o de red).
 - Número de puerto de origen o destino (a nivel de transporte).
 - Campo protocolo de IP (TCP; UDP; ICMP, etc.).
 - Valor del campo DSCP de DiffServ.
 - Etiqueta de flujo en IPv6.

MPLS



- MPLS funciona sobre multitud de tecnologías de nivel de enlace:
 - Líneas dedicadas (PPP).
 - LANs.
 - ATM.
 - Frame Relay.

- En ATM y Frame Relay la etiqueta MPLS ocupa el lugar del campo VPI/VCI o en el DLCI.

- La etiqueta MPLS se coloca delante del paquete de red y detrás de la cabecera de nivel de enlace.

- Las etiquetas pueden anidarse, formando una pila. Esto permite ir agregando (o segregando) flujos. El mecanismo es escalable.

Formato de la etiqueta MPLS



Etiqueta: La etiqueta propiamente dicha que identifica una FEC (con significado local)

Exp: Bits para uso experimental; una propuesta es transmitir en ellos información de DiffServ

S: Vale 1 para la primera entrada en la pila (la más antigua), cero para el resto

TTL: Contador del número de saltos. Este campo reemplaza al TTL de la cabecera IP durante el viaje del datagrama por la red MPLS.

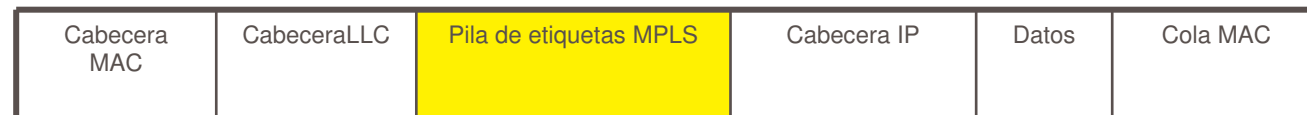
Situación de la etiqueta MPLS



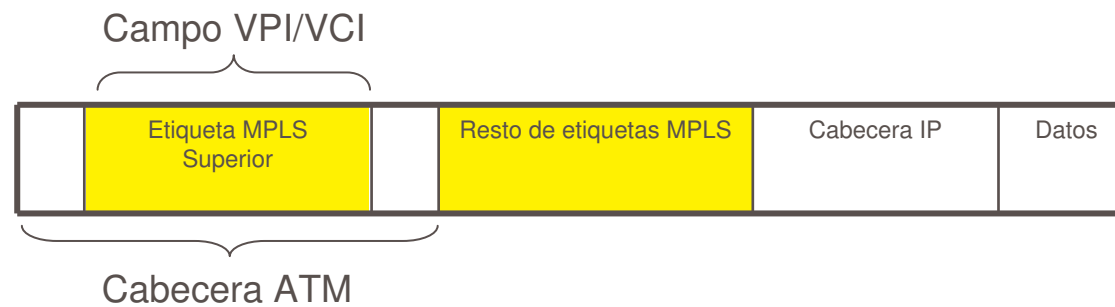
PPP
(Líneas dedicadas)



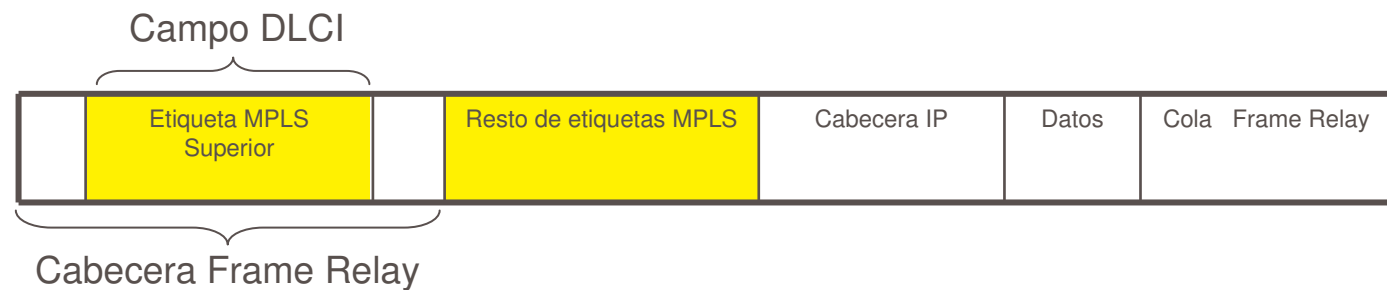
LANs (802.2)



ATM



Frame Relay

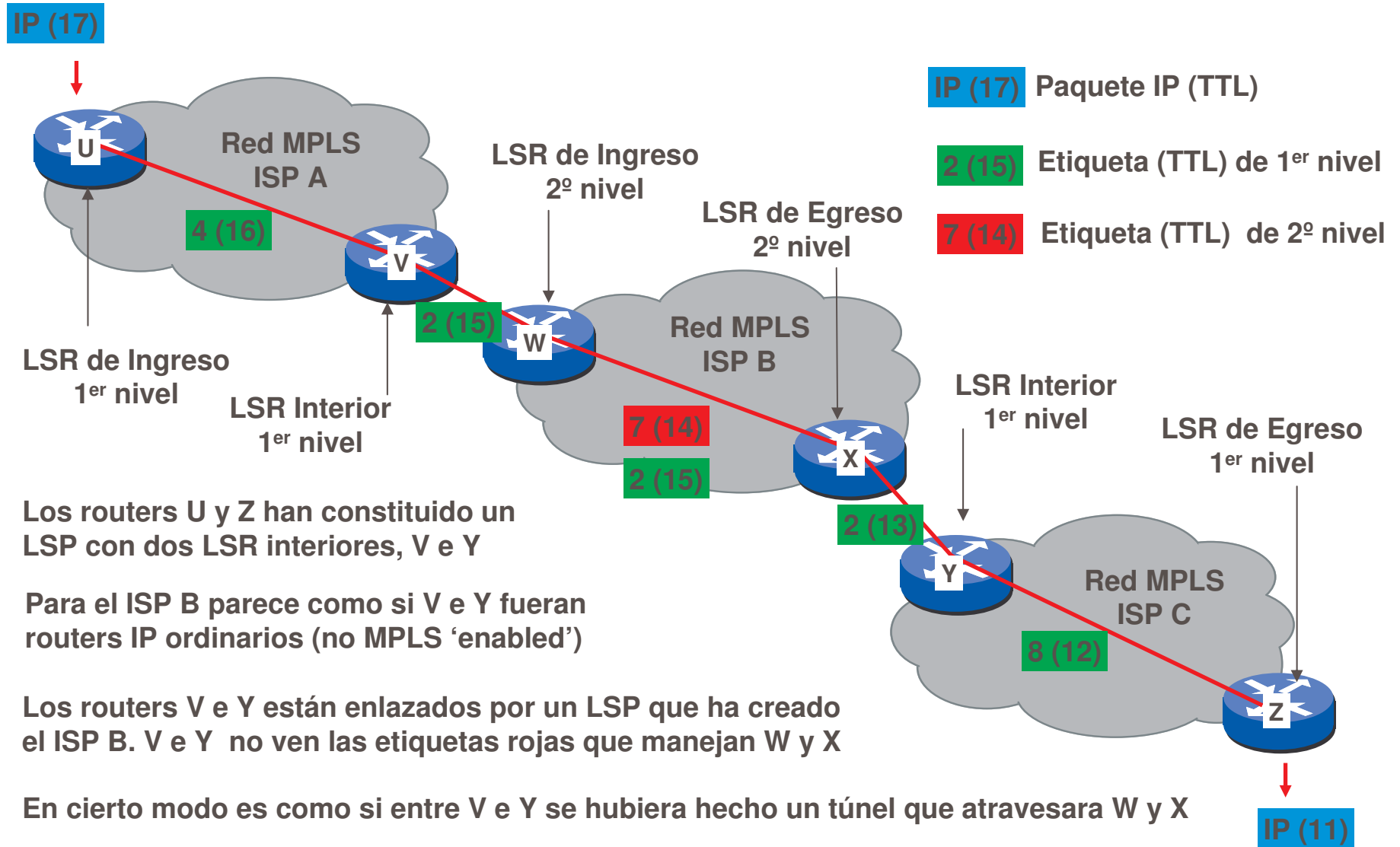


Tratamiento del campo TTL



- Al entrar un paquete en la red MPLS el router de ingreso inicializa el TTL de la etiqueta al mismo valor que tiene en ese momento la cabecera IP.
- Durante el viaje del paquete por la red MPLS el campo TTL de la etiqueta disminuye en uno por cada salto. El de la cabecera IP no se modifica.
- A la salida el router de egreso coloca en la cabecera IP el valor del TTL que tenía la etiqueta, menos uno.
- Si en algún momento el TTL vale 0 el paquete es descartado.
- Si hay etiquetas apiladas solo cambia el TTL de la etiqueta situada más arriba. Cuando se añade una etiqueta hereda el valor de la anterior en la pila, cuando se quita pasa su valor (menos uno) a la que tenía debajo.

Apilamiento de etiquetas en MPLS



Aplicaciones de MPLS



- **Redes de alto rendimiento:** las decisiones de encaminamiento que han de tomar los routers MPLS en base a la LIB son mucho más sencillas y rápidas que las que toma un router IP ordinario (la LIB es mucho más pequeña que una tabla de rutas normal). La anidación de etiquetas permite agregar flujos con mucha facilidad, por lo que el mecanismo es escalable.
- **Ingeniería de Tráfico:** se conoce con este nombre la planificación de rutas en una red en base a previsiones y estimaciones a largo plazo con el fin de optimizar los recursos y reducir congestión.
- **QoS:** es posible asignar a un cliente o a un tipo de tráfico una FEC a la que se asocie un LSP que discurra por enlaces con bajo nivel de carga.
- **VPN:** la posibilidad de crear y anidar LSPs da gran versatilidad a MPLS y hace muy sencilla la creación de VPNs.
- **Soporte multiprotocolo:** los LSPs son válidos para múltiples protocolos, ya que el encaminamiento de los paquetes se realiza en base a la etiqueta MPLS estándar, no a la cabecera de nivel de red.

Referencias MPLS



- MPLS Forum: <http://www.mplsforum.org/>
- MPLS Resource Center: <http://www.mplsrc.com/>
- MPLS Working Group:
<http://www.ietf.org/html.charters/mpls-charter.html>
- Proyecto MPLS for Linux:
<http://sourceforge.net/projects/mpls-linux/>
- 'MPLS'. William Stallings, Internet Protocol Journal Vo. 4 N° 3
http://www.cisco.com/warp/public/759/ipj_4-3/ipj_4-3_mpls.html
- 'MPLS: Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI'. José Barberá, Boletín RedIRIS N° 53, septiembre 2000. <http://www.rediris.es/rediris/boletin/53/enfoque1.html>
- Red MPLS de ONO (Telia) en España:
http://www.microsoft.com/spain/download/technet/6onoTechnet_2001.ppt