

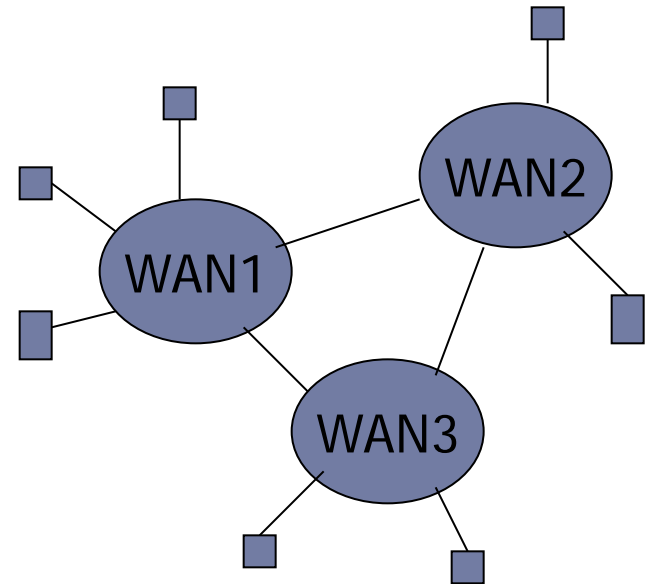
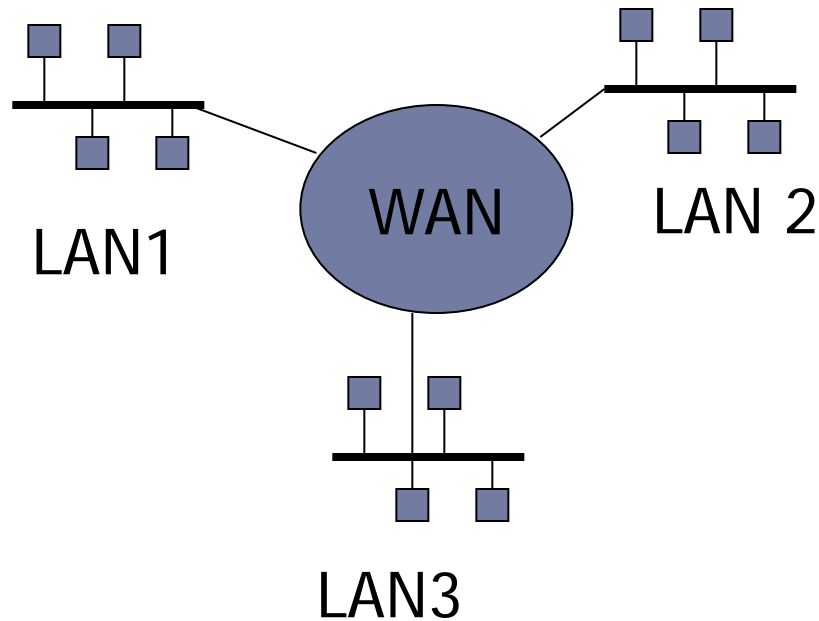
# Calidad del servicio en Internet

Jhon Jairo Padilla Aguilar

# Conceptos Básicos

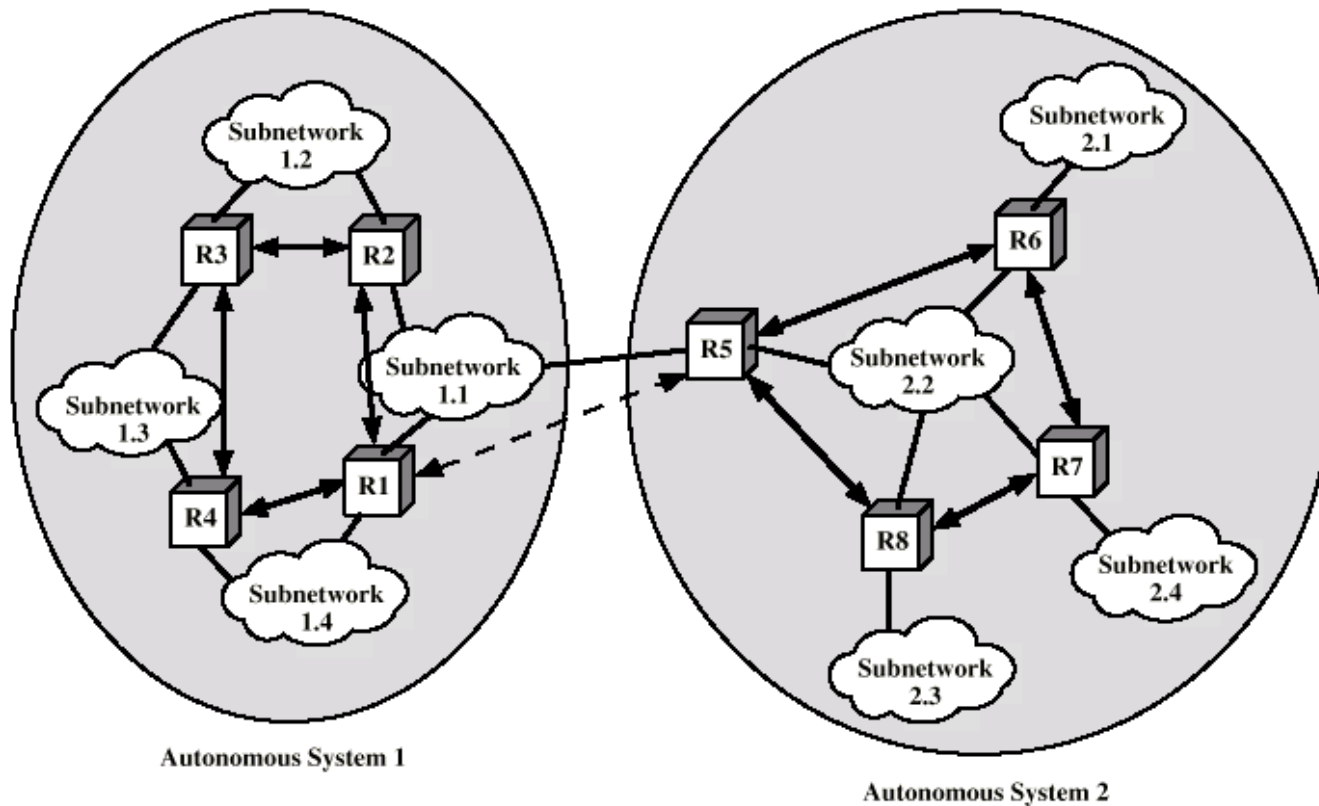
# Qué es una Internet?

Es una red de redes



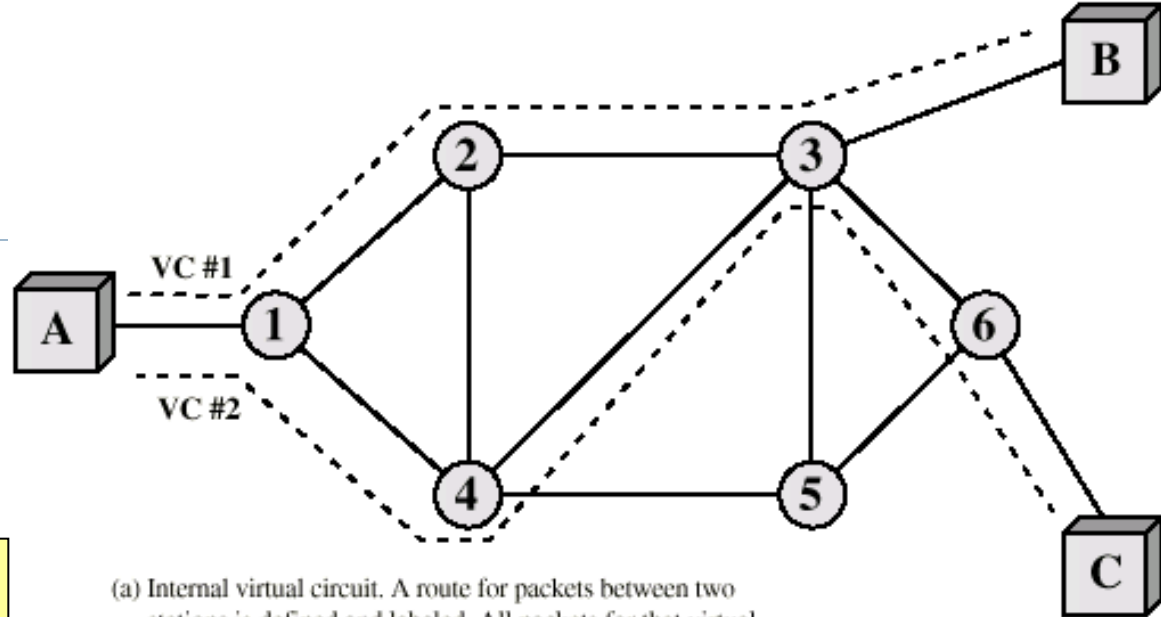
# Cómo se comunican las redes entre sí?

A través de un elemento denominado Router

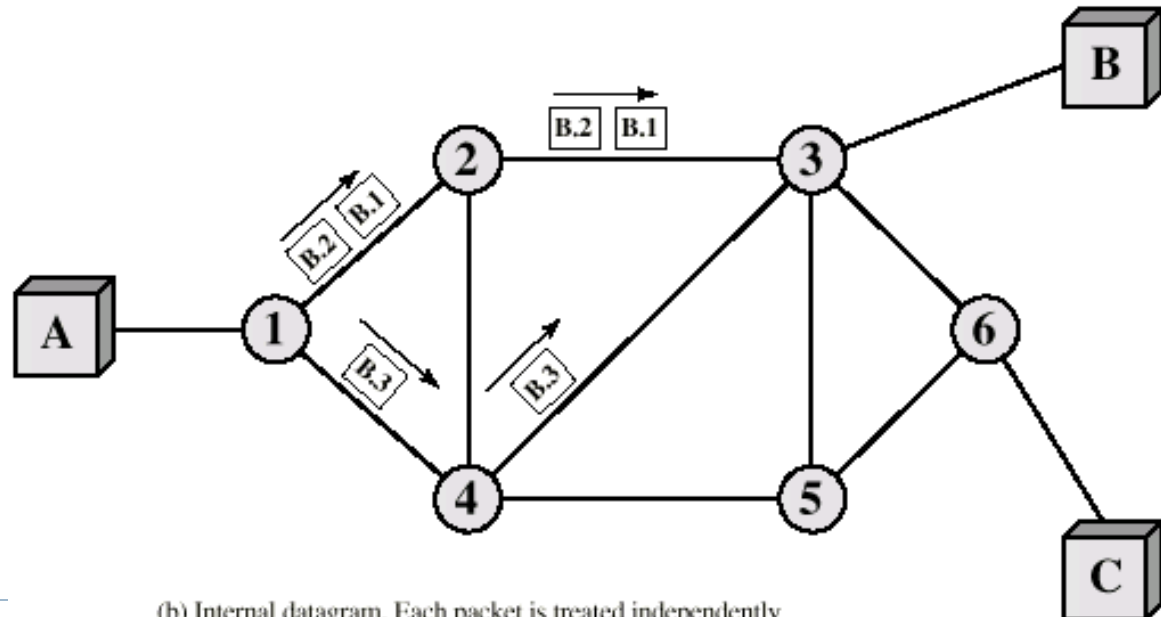


# Qué es una Internet?

Es una red de conmutación de paquetes



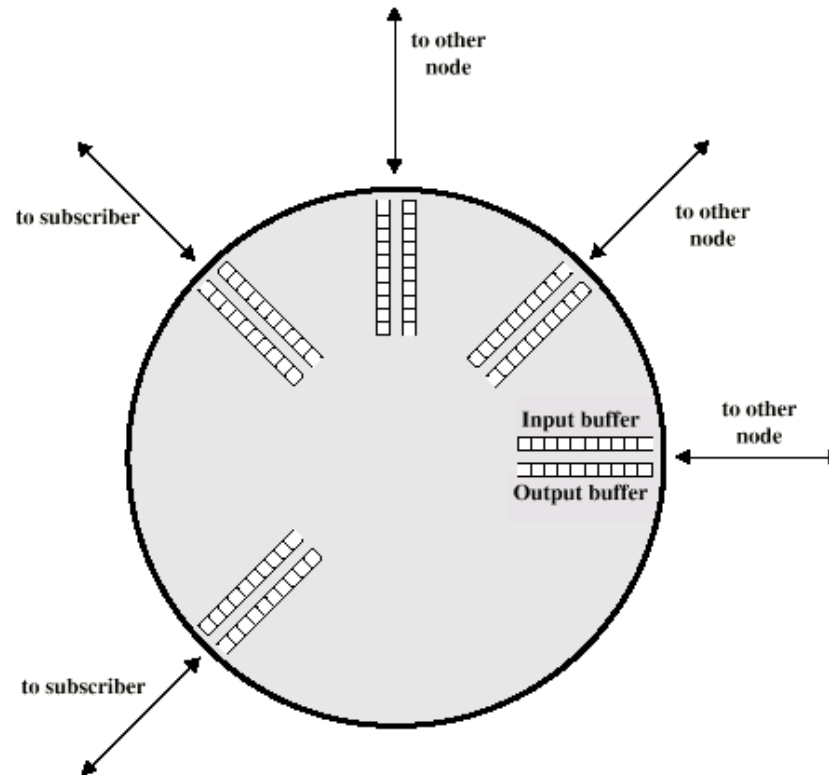
(a) Internal virtual circuit. A route for packets between two stations is defined and labeled. All packets for that virtual circuit follow the same route and arrive in the same sequence.



(b) Internal datagram. Each packet is treated independently by the network. Packets are labeled with a destination address and may arrive at the destination node out of sequence.

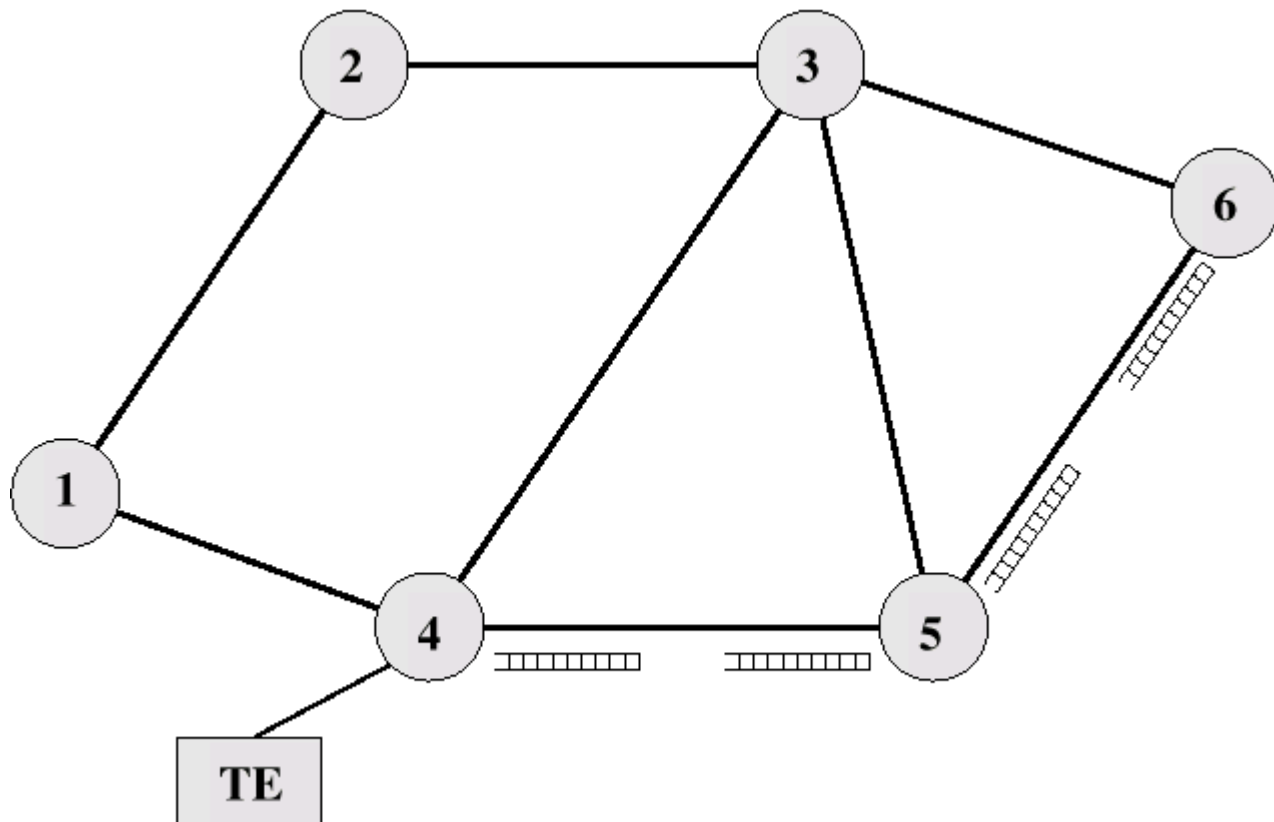
# Cómo funciona un Router?

---

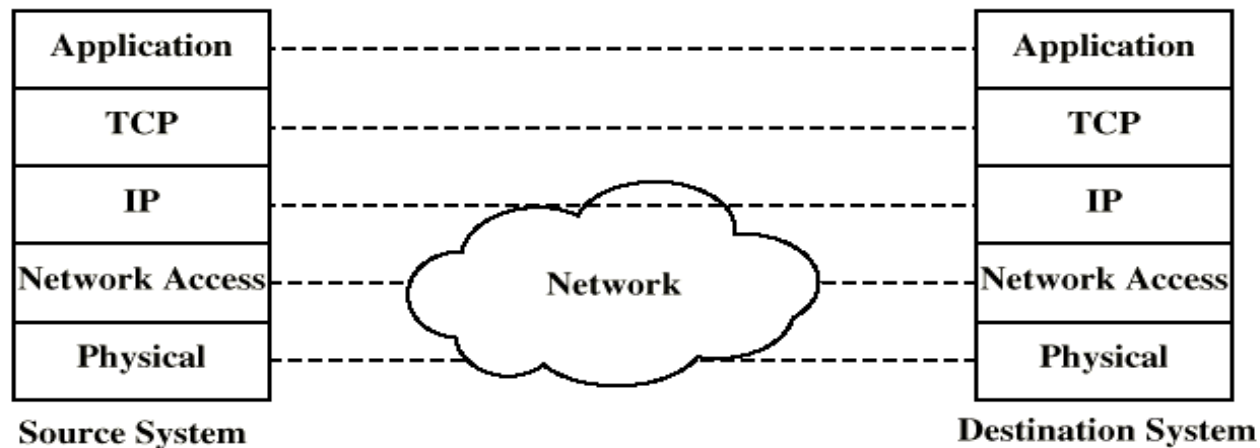
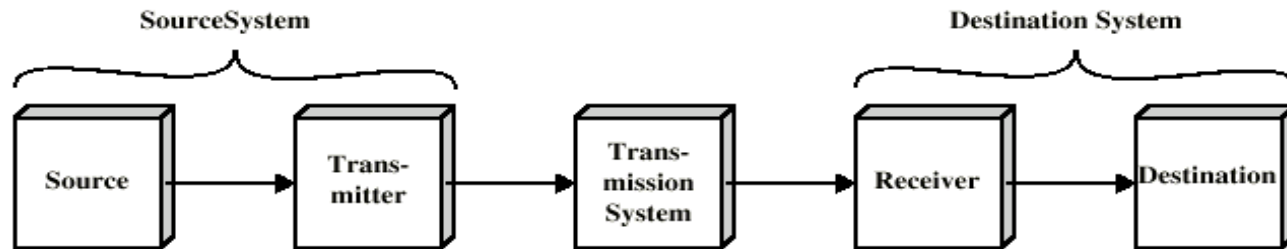


# Internet puede congestionarse

---



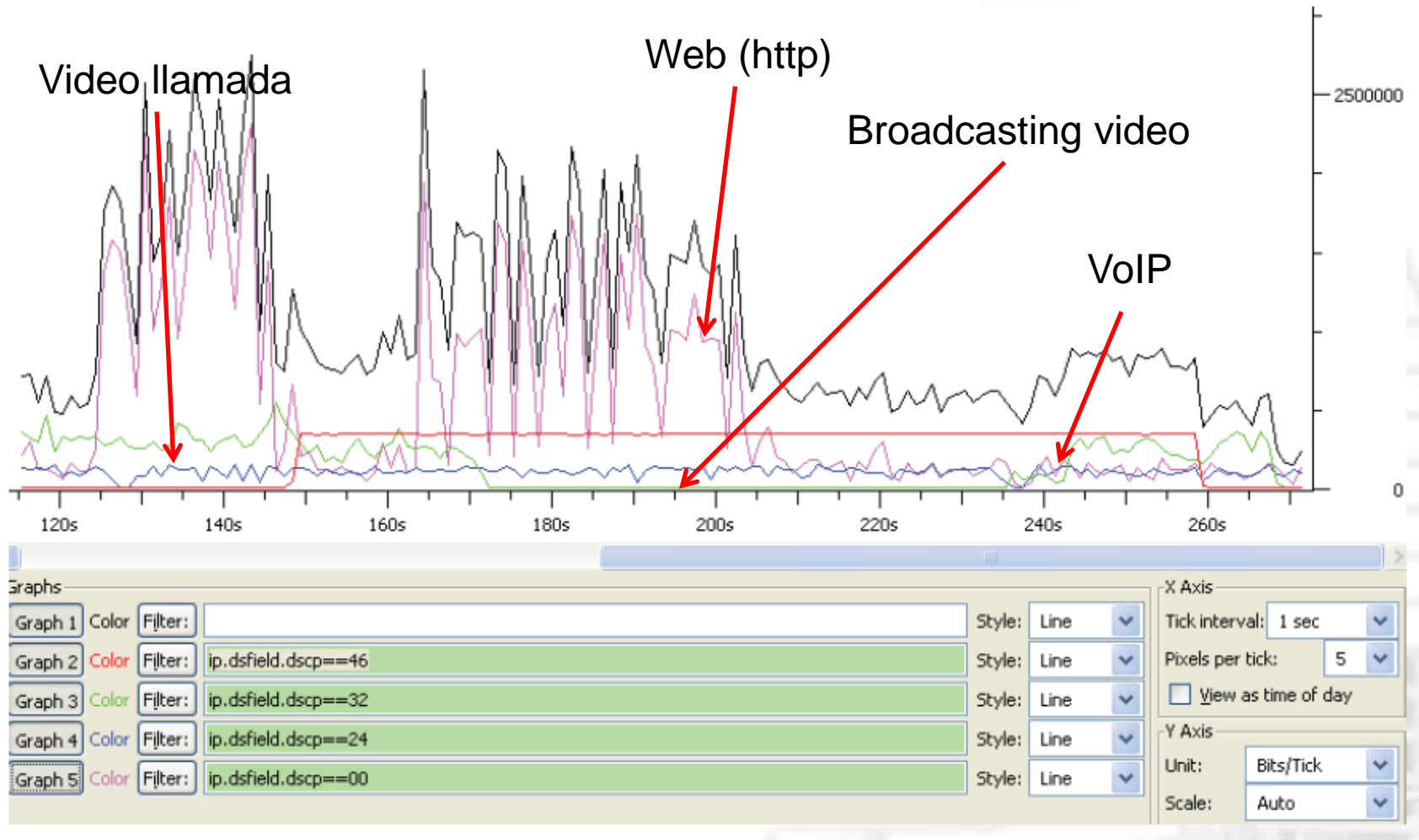
# La arquitectura de protocolos TCP/IP





# Tipos de Servicios

# Tráfico de diferentes servicios



# Tipos de servicios

---

	Tipo de Servicio			
	<i>Tráfico Tiempo Real</i>	<i>Tráfico Tiempo Real</i>	<i>Tráfico Elástico</i>	<i>Tráfico Elástico</i>
Periodicidad	Si		no	
Tasa bit	Constante	Variable		
Modo	Orientado a Conexión		Sin conexión	
Ejemplo	VoIP	IPTV	Correo electrónico multimedia	Transferencia archivos en segundo plano



# Problemas a solucionar

1. Aplicaciones de tiempo real
2. Control de Congestión con TCP

# 1. Aplicaciones de tiempo real

---

- ▶ Tienen requerimientos de retardo muy exigentes
- ▶ Si el retardo supera cierto límite, los datos del paquete ya no serán útiles
- ▶ Ejemplo: Aplicación “Audio-streaming”



# Ejemplo: Audio-streaming

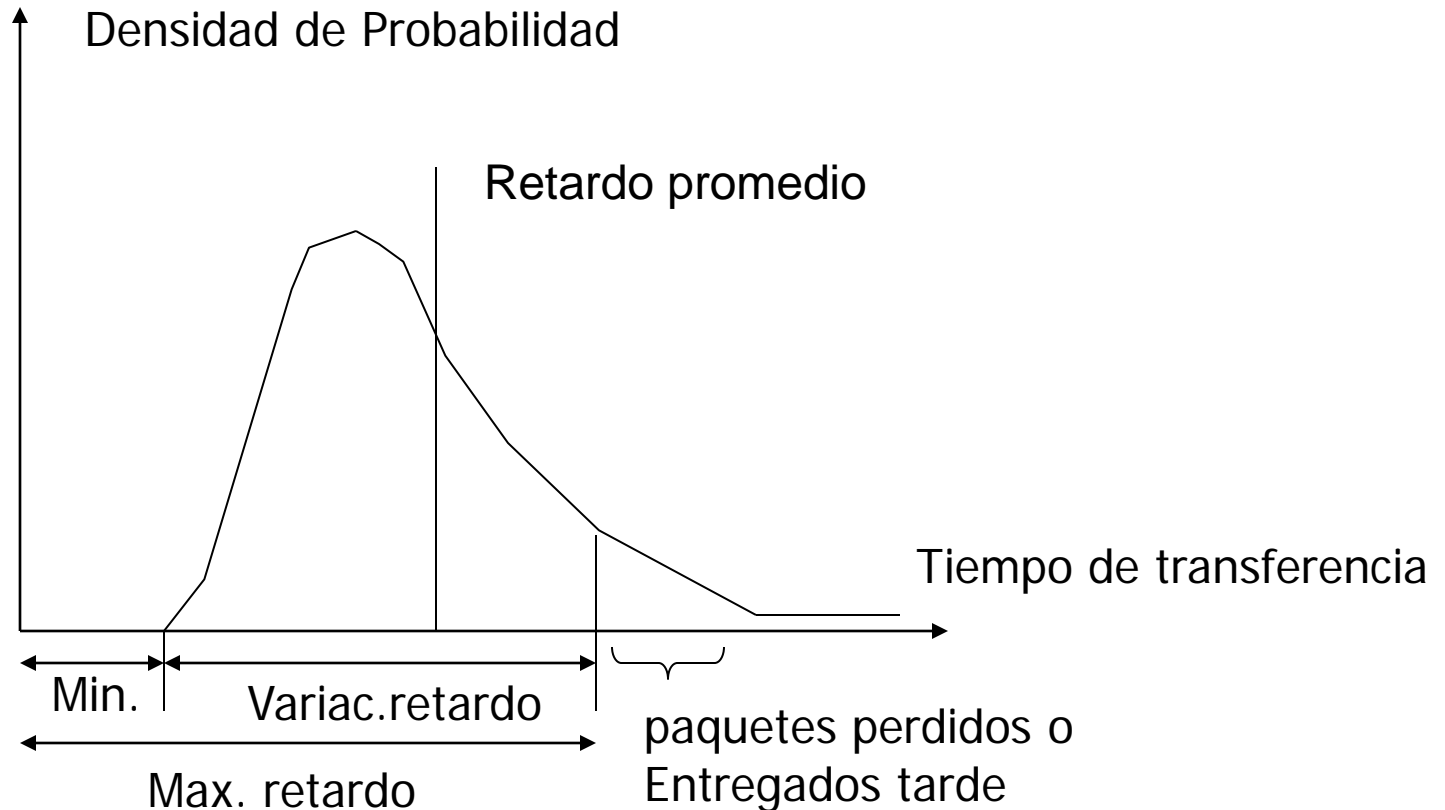
---

- ▶ La voz es enviada en paquetes por la fuente hacia la red
- ▶ Cada paquete experimenta un retardo diferente en la red (tiempo entre paquetes varía)
- ▶ Delay jitter: variación en el retardo de los paquetes (max. Retardo – min. Retardo)
- ▶ La variación del retardo produce distorsión en la voz
- ▶ Solución común: uso de un buffer suavizador (playback point (offset de tiempo), playback applications)



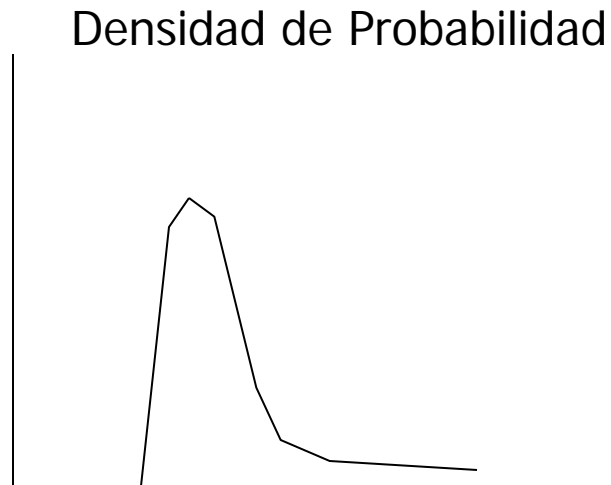
# Distribución del retardo y variación del retardo

---

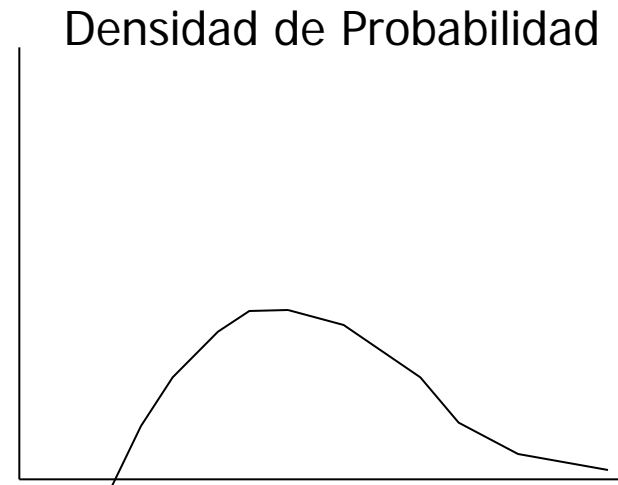


# Curvas de retardo para diferentes servicios

---



Servicios de t real



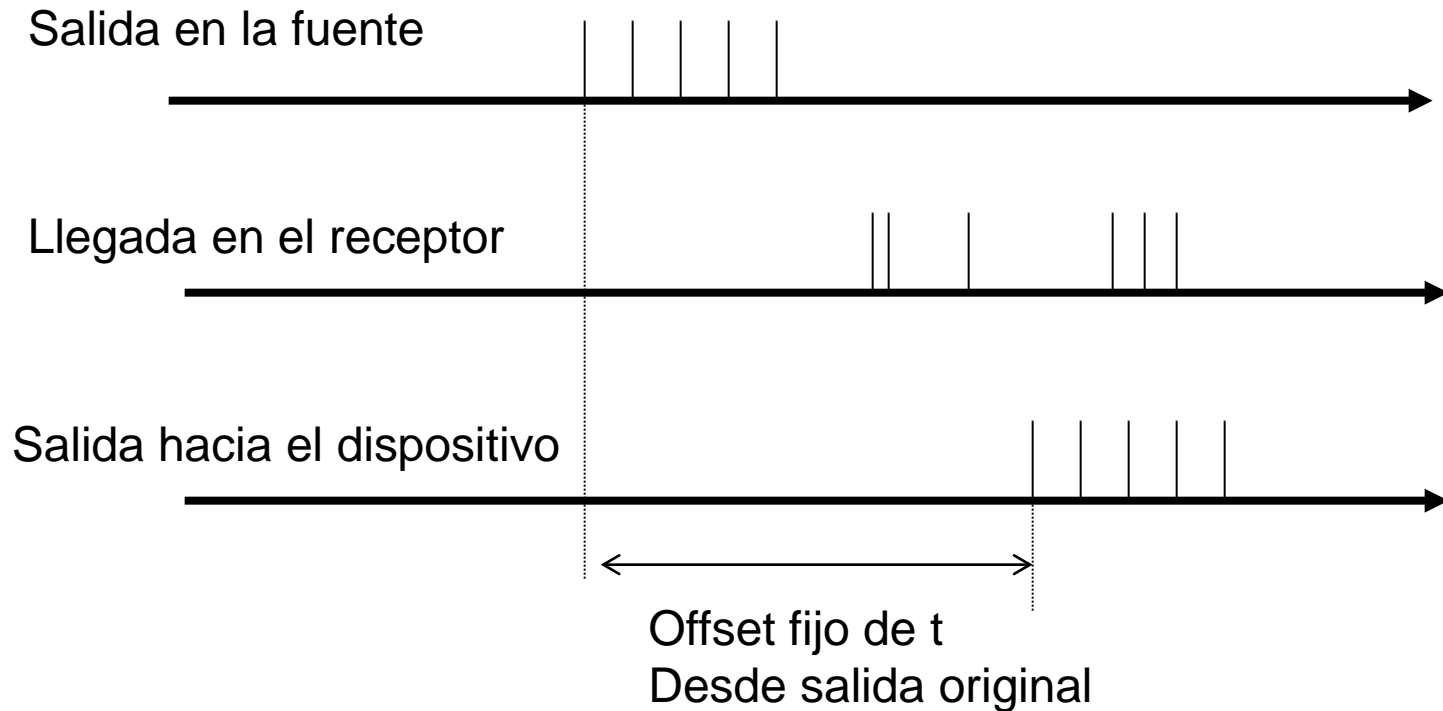
Servicios interactivos





# Posible Solucion: Uso del buffer suavizador

---



# Limitantes de la solución con buffer suavizador

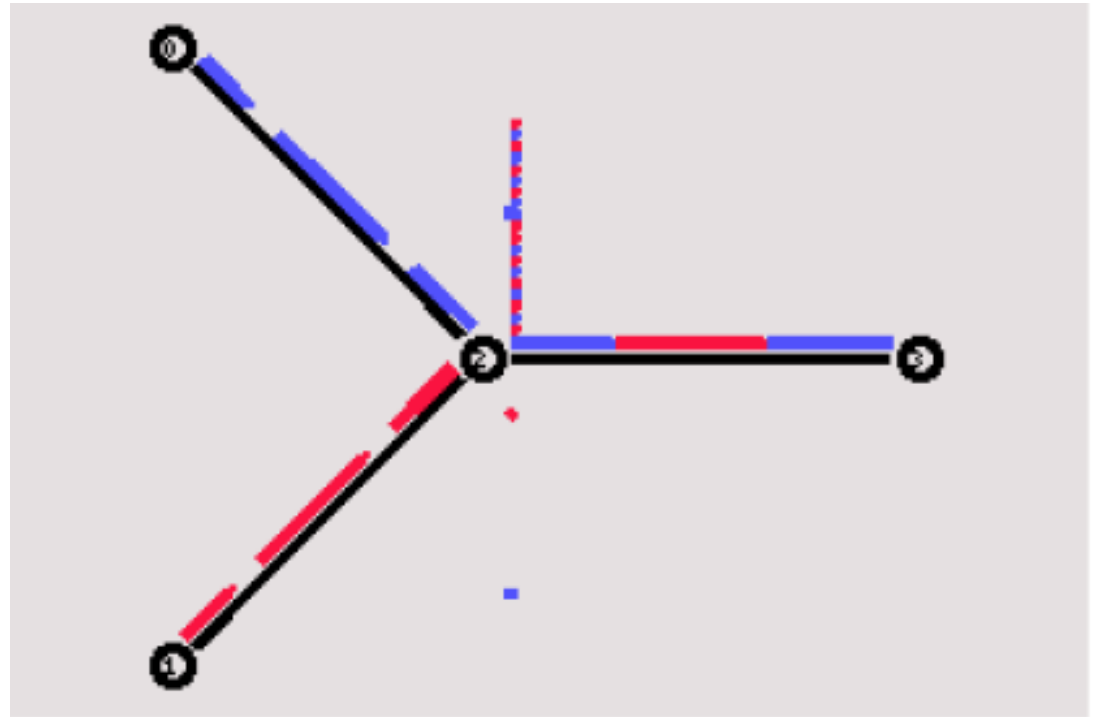
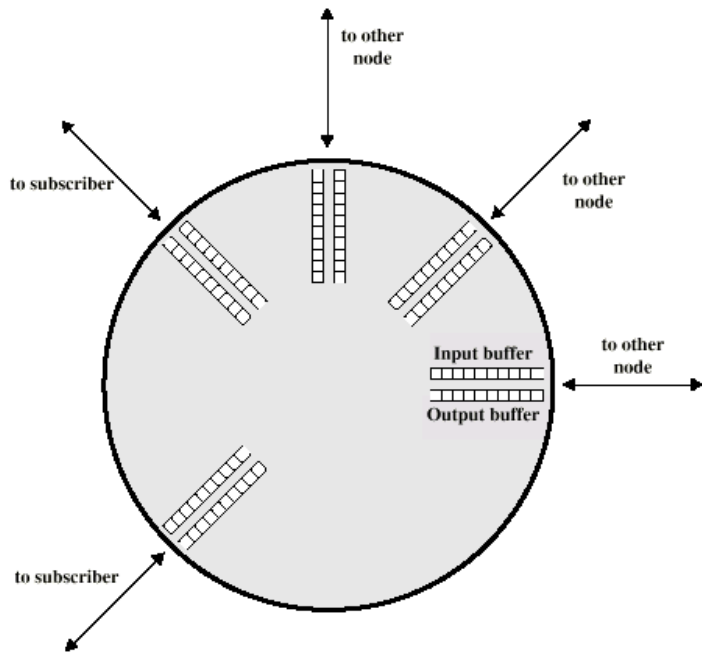
---

- ▶ Los paquetes que demoran menos que el retardo máximo se almacenan y sacan en el momento adecuado (offset)
- ▶ Los paquetes que superan el tiempo de offset ya no pueden ser usados para reconstruir la señal
- ▶ Debe escogerse apropiadamente el tiempo de offset:
  - ▶ La red debe dar a conocer el máximo retardo de un paquete a la aplicación (acuerdo de servicio)
  - ▶ La aplicación debe estimarlo con base en estadísticas de paquetes anteriores



# Congestión en Routers

---



---

## 2. Control de Congestión en TCP

- ▶ Una comunicación puede volverse lenta por dos razones:
  - ▶ Por sobrecarga en la memoria del receptor
  - ▶ Por congestión en la red
- ▶ Un Receptor mantiene dos ventanas:
  - ▶ Ventana del receptor
  - ▶ Ventana del transmisor
- ▶ El transmisor envía el número de octetos menor entre los indicados por las dos ventanas:
  - ▶ Si el Rx indica “Enviar 8K”, pero la ventana de congestión dice que no se puede más de 4K, el tx enviará sólo 4K (Y viceversa).

# Algoritmo de control de congestión

---

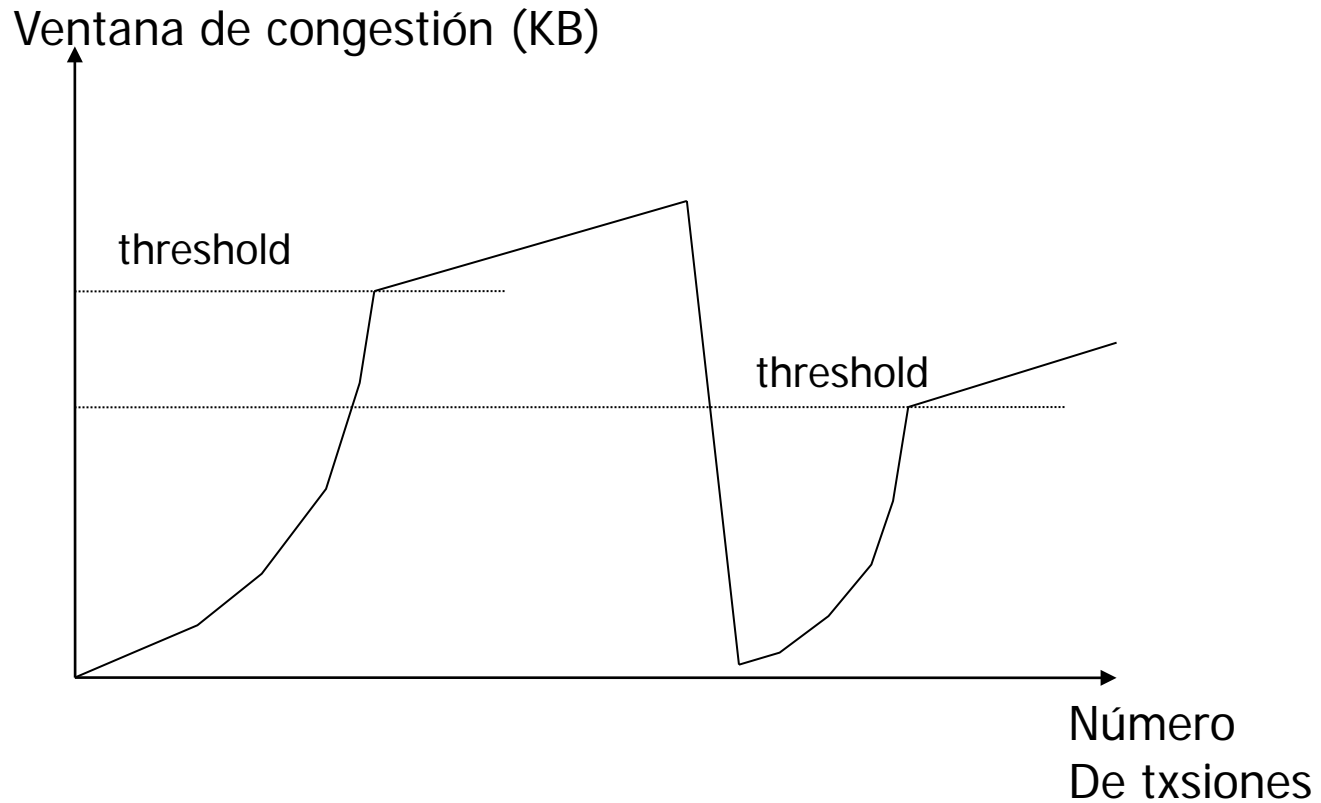
▶ Conocido como “Slow Start” (Jacobson 1988)

▶ Procedimiento:

1. Al establecer una conexión, el Tx inicia la ventana de congestión al segmento máximo permitido.
2. El Tx envía un segmento máximo
3. Si no hay vencimiento de temporizador de confirmación, la proxima vez se duplica el valor de la ventana de congestión (crecimiento exponencial)
4. Si hay vencimiento del temporizador o se alcanza el tamaño de la ventana del receptor o un valor “threshold”, la ventana se incrementará pero en pasos de  $l$  segmento (crecimiento lineal).
5. Al ocurrir un vencimiento del temporizador, el valor de threshold se coloca el la mitad de la ventana de congestión y la ventana de congestión se reinicia en  $l$  segmento. Se vuelve al paso 3.

# Ventana de Congestión

---



# MBone

---

- ▶ Mbone fue una red experimental multicast puesta a punto en 1993
- ▶ Se realizaron experimentos de transmisión de video (reuniones IETF, lanzamientos de naves espaciales, operaciones en pacientes)

# Lecciones de MBone

---

- ▶ Las aplicaciones de tiempo real no trabajan bien sobre Internet (retardo variable y pérdidas por congestión)
- ▶ Muchas aplicaciones de tiempo real trabajan sobre UDP y no reaccionan ante la congestión como TCP
- ▶ Las pérdidas de paquetes grandes durante la congestión no permiten el uso de estas aplicaciones
- ▶ Ciertas aplicaciones de t real han incorporado lazos de realimentación cerrados y pueden adaptarse a condiciones cambiantes, pero trabajan en rangos limitados de cambios



# Lecciones de MBone

---

- ▶ El mal uso del multicast puede causar grandes interrupciones a una gran porción de Internet
- ▶ Aplicaciones como video digital son capaces de generar una alta tasa de tráfico. En los 90's subió hasta saturar algunos backbones.
- ▶ La debilidad en el control explícito de tráfico dentro de la red puede causar que las aplicaciones basadas en UDP se apoderen del ancho de banda de las aplicaciones basadas en TCP cuando compiten por dicho recurso (TCP reduce su envío de paquetes durante congestión y UDP no tiene esta característica).

# Evolución de las redes y el concepto de Calidad del Servicio

# Años 70's

---

- ▶ Una red con un solo servicio
- ▶ Recursos de red: fijos
- ▶ Red Invariante temporalmente (no cambia su estructura o topología)
- ▶ Tecnología de conmutación: circuitos (analógicas)
- ▶ Uso de redes digitales: Telegrafía
- ▶ Redes de difusión: Radio, TV

# Años 70's

---

- ▶ Tipos de comunicaciones: punto-punto, punto-multipunto
- ▶ Gestión descentralizada por Servicio/Red
- ▶ Problemáticas de dimensionado: Bloqueo de la red
- ▶ Solución: Teoría de Colas (modelo voz: Poisson)
- ▶ **Calidad del servicio:**
  - ▶ Fija
  - ▶ No hay tipos de usuarios
  - ▶ Tarificación por volumen de tráfico o por tiempo

# Años 80's

---

- ▶ Una red con múltiples servicios
- ▶ Recursos ofrecidos al usuario: invariantes en el tiempo
- ▶ Servicios basados en conmutación de circuitos (ISDN-banda estrecha)
- ▶ Servicios basados en conmutación de paquetes (IP)
- ▶ Algoritmos de encaminamiento de paquetes (Costo mínimo)
  - ▶ Pto-ptto: camino mínimo mediante teoría de grafos
  - ▶ Pto-multipunto: árbol que minimice el costo (árbol de expansión)
- ▶ Todas las soluciones usan teoría de grafos

# Años 80's

---

## ▶ Calidad del servicio:

- ▶ Se consideran aspectos como:
  - ▶ Recursos (BW)
  - ▶ Tiempo (Retardos)
  - ▶ Integridad (Pérdidas)
- ▶ *Conmutación de circuitos*: ISDN-Banda estrecha, QoS fija, redes con posibilidad de bloqueo
- ▶ *Conmutación de paquetes*: Uso de IP, QoS proporcional al número de usuarios activos que utilizan el sistema, no hay bloqueo, hay congestión.

# Años 80's

---

- ▶ La congestión se controla con el control reactivo de TCP (algoritmo slow-start)
- ▶ Modelos de tráfico: Poisson
- ▶ Gestión de la red:
  - ▶ Cx de circuitos: igual
  - ▶ Cx de paquetes: No hay gestión



# Años 90's

---

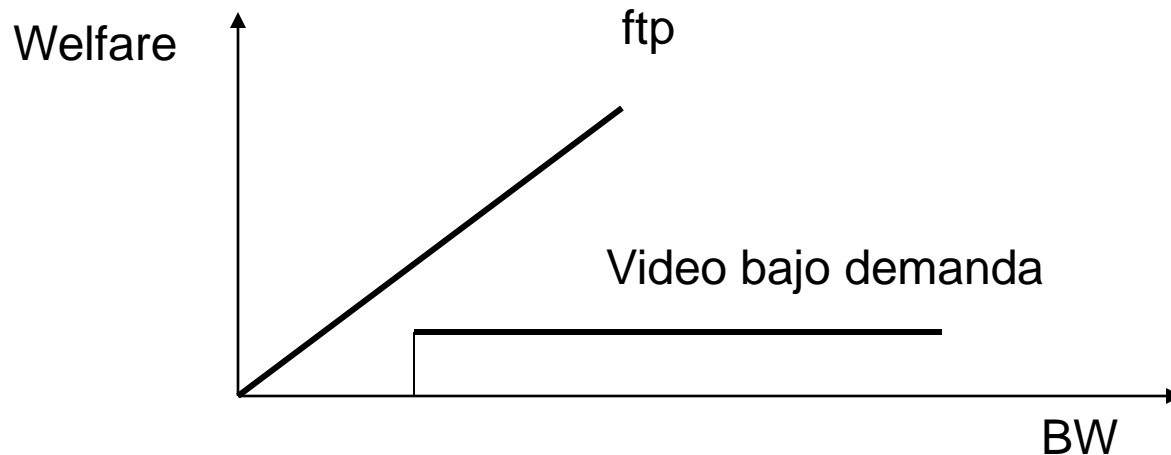
- ▶ Una red con múltiples servicios con QoS
- ▶ Diferenciación de flujos y de usuarios
- ▶ Tecnología ATM tanto para conmutación de circuitos como de paquetes
- ▶ Arquitectura IP con QoS:
  - ▶ Plano de usuario (Info. De usuario)
  - ▶ Plano de señalización (Info. De Señalización)
  - ▶ Plano de gestión (Info. De operación y mantenimiento de la red)



# Años 90's

---

- ▶ Políticas de planificación: reglas para asignación de recursos a los usuarios según los parámetros de QoS (criterios de justicia- Fairness, criterios de satisfacción- Welfare)



# Soluciones de QoS

# Requisitos para garantizar QoS:

---

- ▶ **Garantizar asignación de recursos en los routers:**
  - ▶ Que se diferencien servicios
  - ▶ Que se garantice ancho de banda
  - ▶ Que se garantice un retardo máximo
- ▶ **Garantizar optimización del rendimiento de la red:**
  - ▶ Se busca que el camino de los flujos de paquetes sea el más óptimo en ancho de banda, retardo u otro parámetro.

# Tipos de soluciones

---

- ▶ Las que atacan el problema de asignación de recursos:
  - ▶ Arquitectura de Servicios Integrados
  - ▶ Arquitectura de Servicios Diferenciados
- ▶ Las que atacan el problema de Optimización del rendimiento:
  - ▶ MPLS
  - ▶ Ingeniería de Tráfico



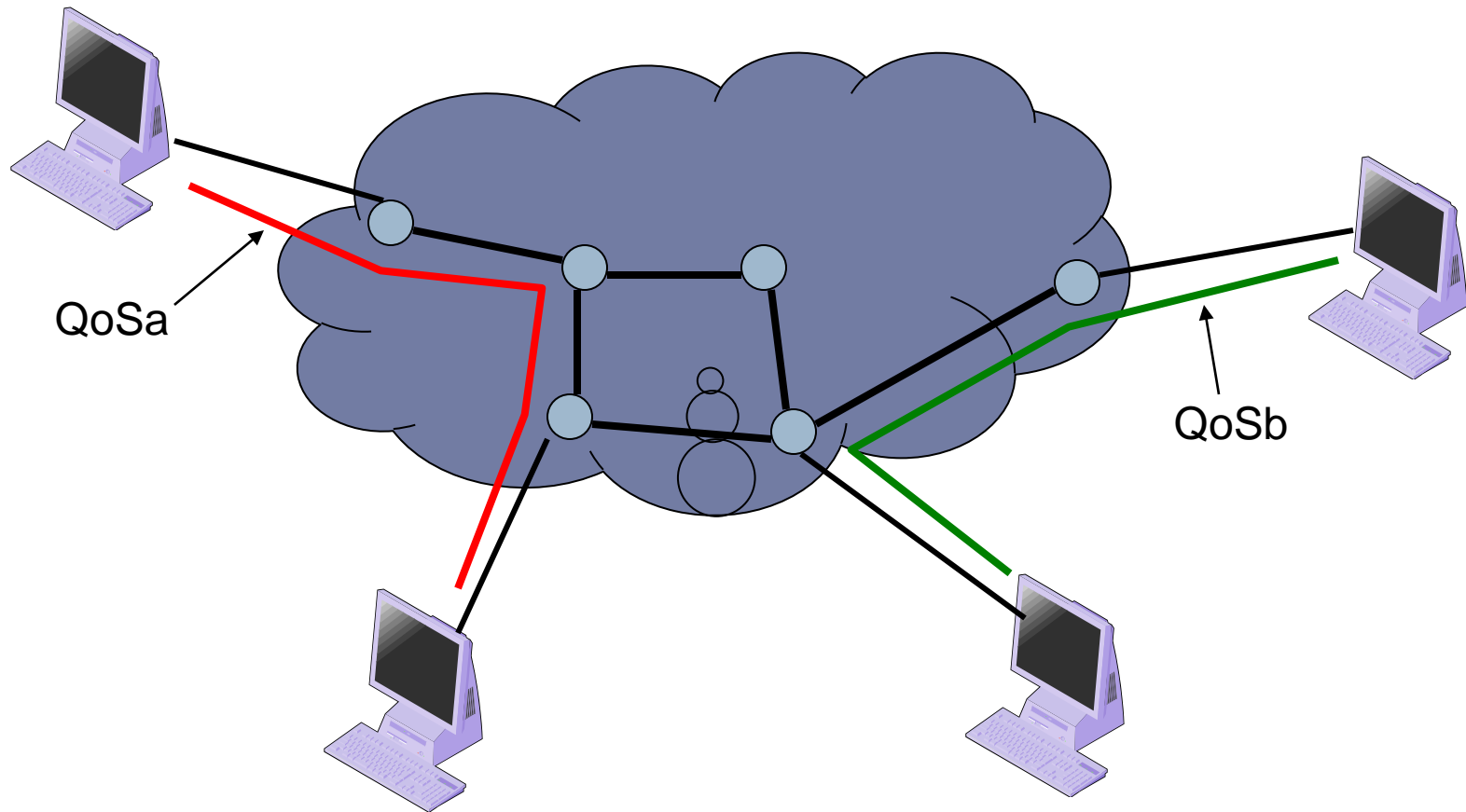
# 1. Arquitectura de servicios Integrados

---

- ▶ Hay una sola clase por usuario
- ▶ Se crea un circuito virtual por usuario y por flujo
- ▶ Se usa RSVP como protocolo de señalización para establecer el circuito virtual
- ▶ Uso de control de admisión (CAC)
- ▶ Ventajas: Sencillez en implementación
- ▶ Desventajas: #Estados = # flujos (no es escalable)

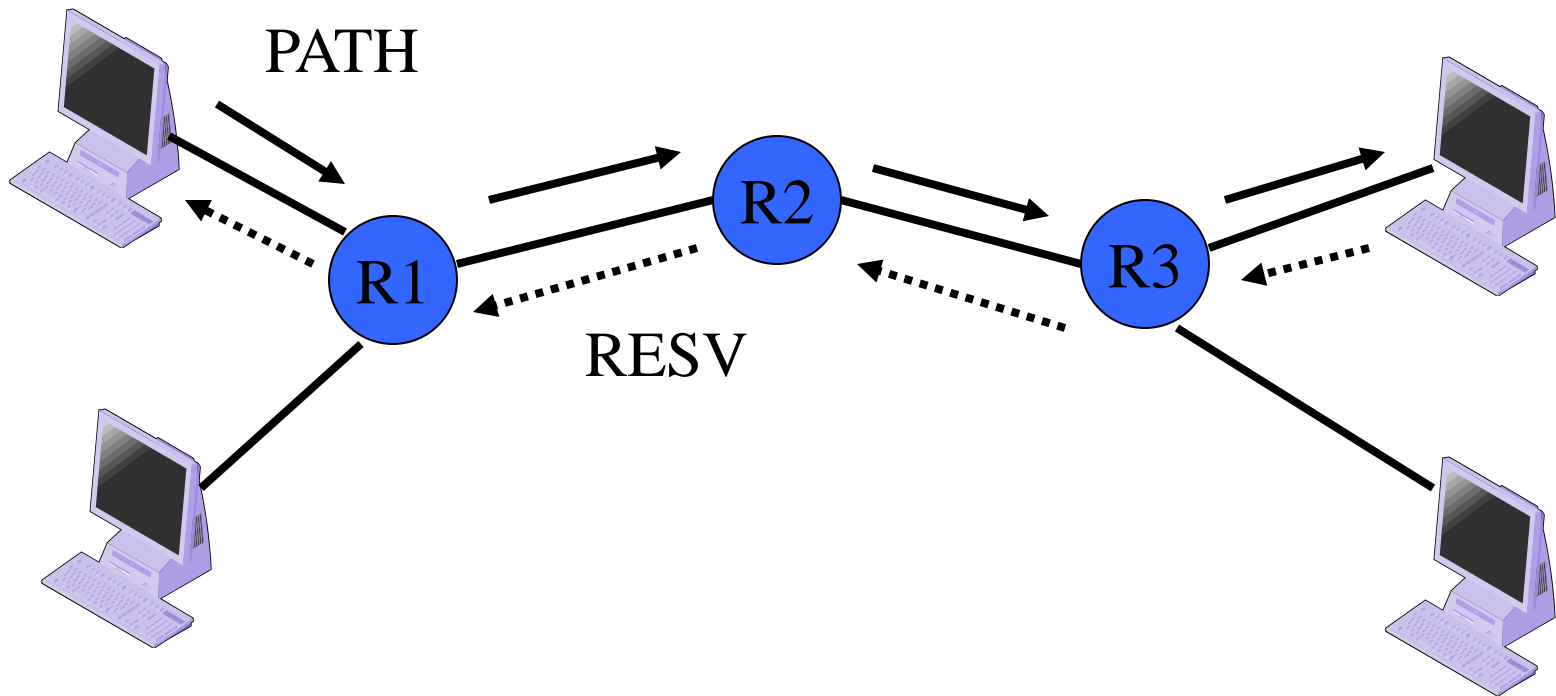
# 1. Arquitectura de servicios Integrados

---



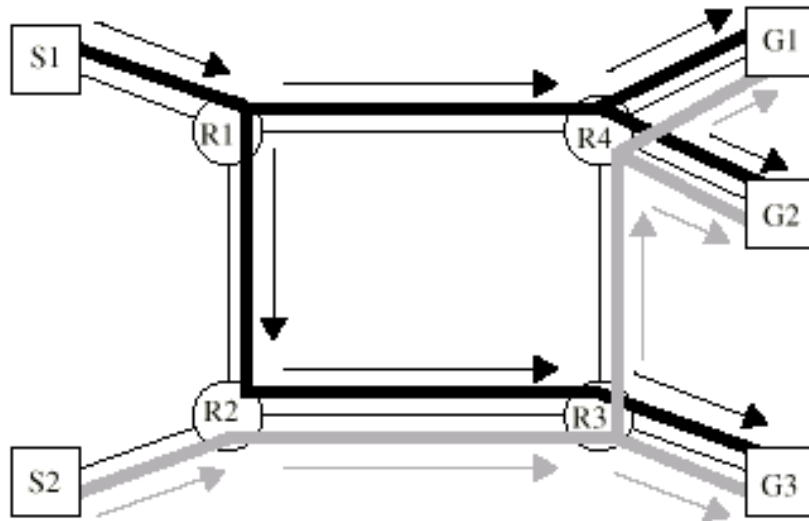
# El protocolo RSVP: Reserva Punto a Punto

---

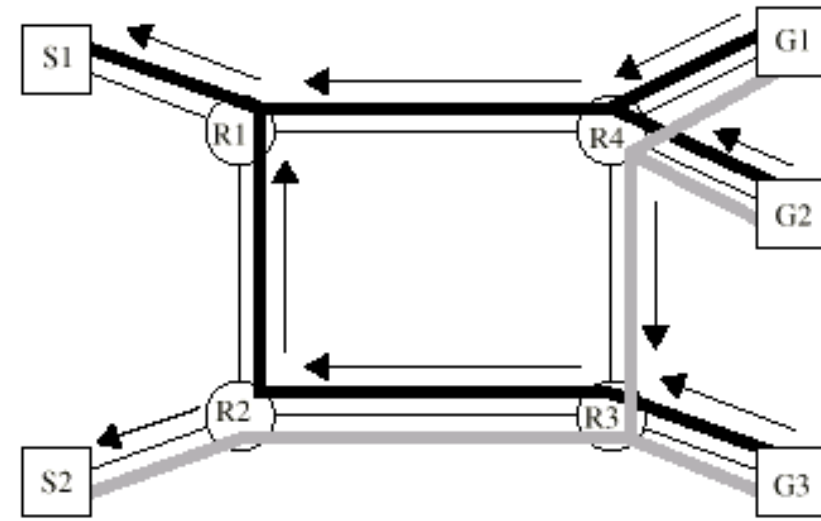


# El protocolo RSVP: Reserva Punto-Multipunto

---



(a) Data distribution to a multicast group

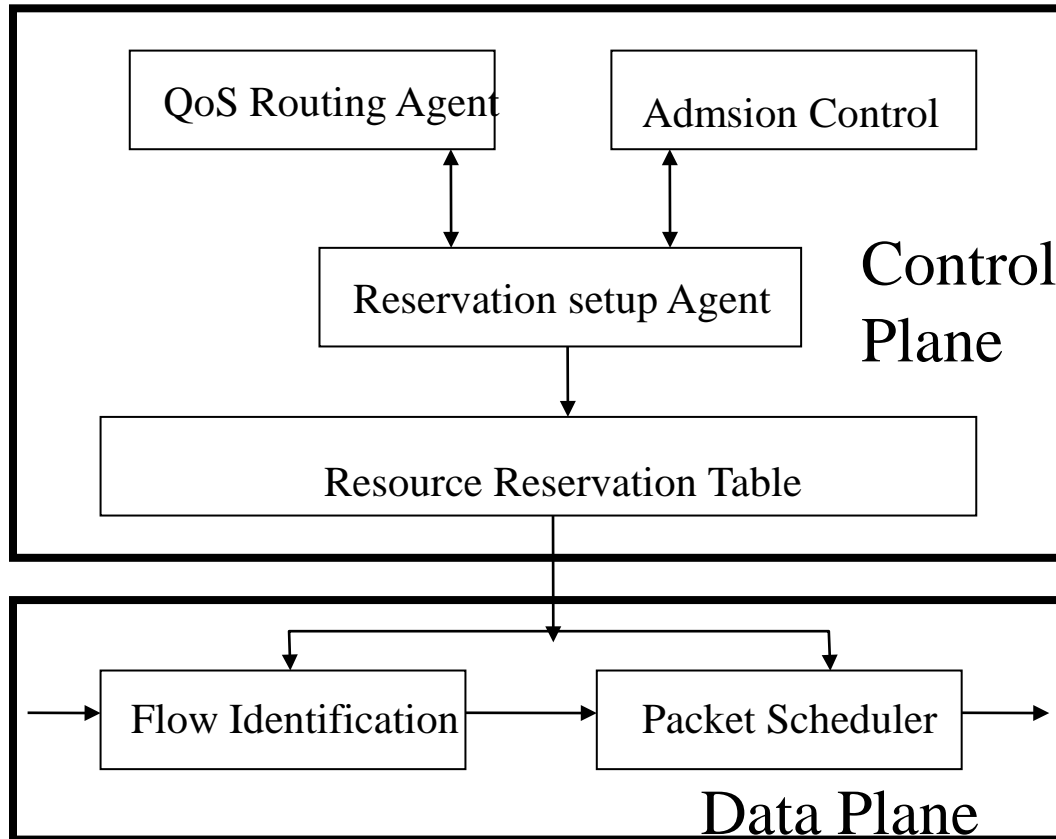


(b) Merged Resv Messages



# Componentes de un Router IntServ

---



## 2. Arquitectura de servicios Diferenciados

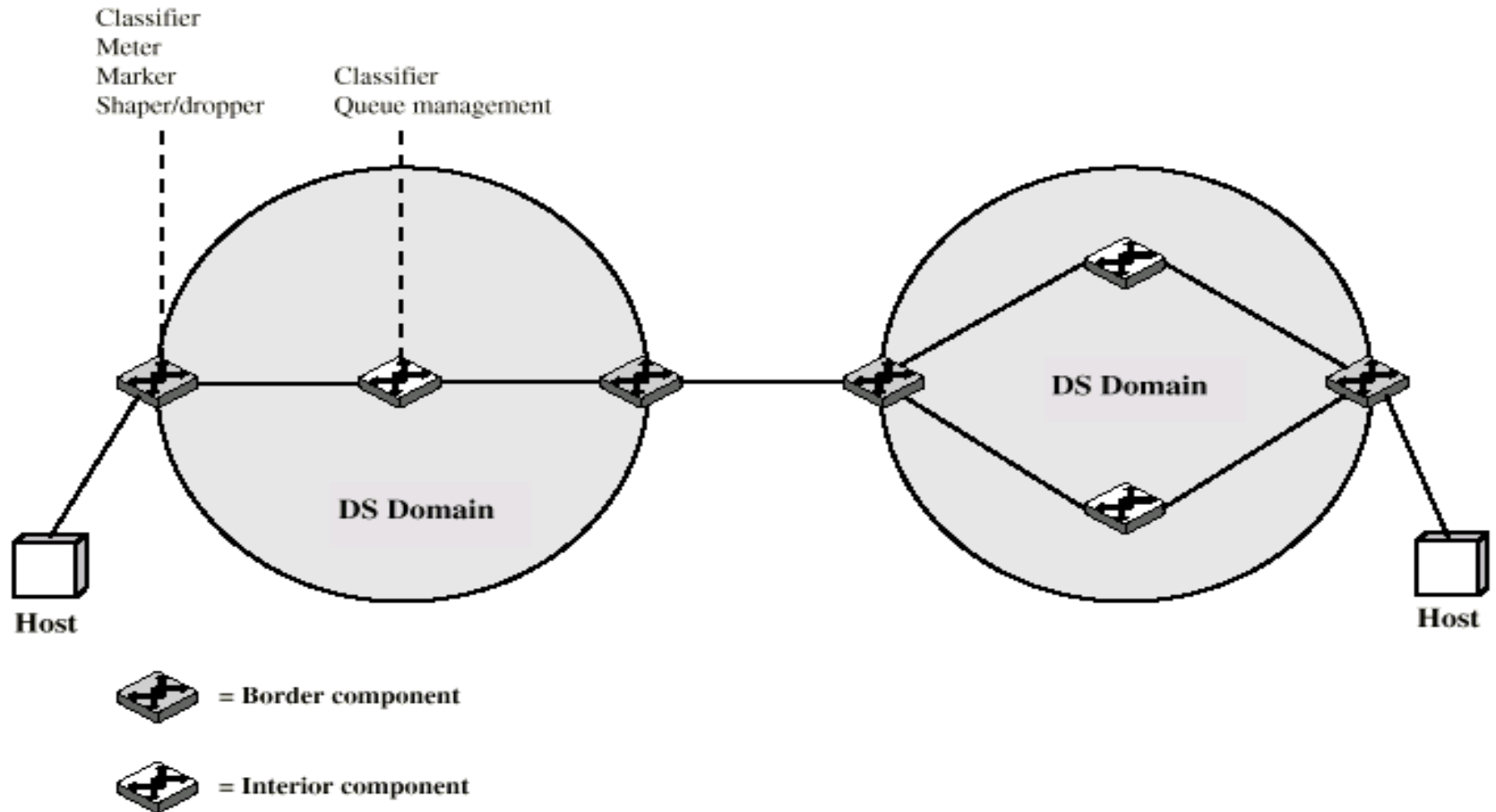
---

- ▶ Se crea un conjunto reducido de clases
- ▶ Hay grupos de usuarios
- ▶ Pocas clases (AF, EF, BF) manejadas por prioridades
- ▶ Ventaja: Escalable
- ▶ Requiere:
  - ▶ Control de admisión (CAC)
  - ▶ Control de Policía (UPC, uso de parámetros)
  - ▶ Manejo de troncales con QoS mediante MPLS



## 2. Arquitectura de servicios diferenciados

---



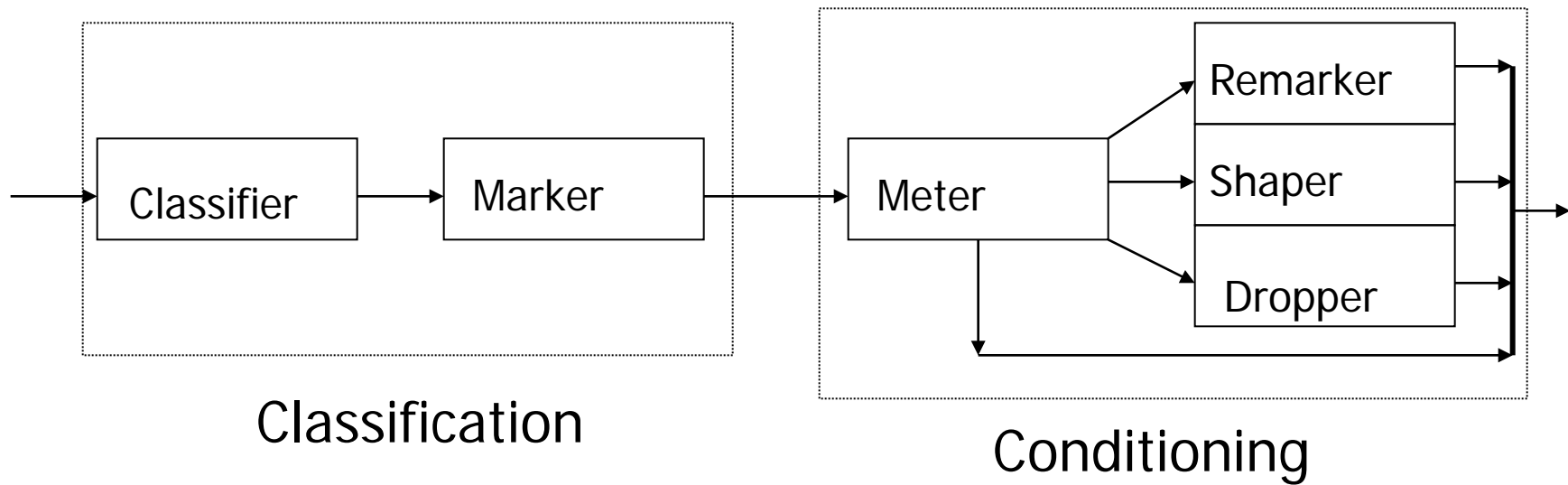
# Nodos Frontera y Nodos Interiores

---

- ▶ **Funciones nodos frontera:**
  - ▶ Mapeo de los paquetes a una de las clases de retransmisión soportadas en la red.
  - ▶ Asegurar que el tráfico está conforme al SLA para ese cliente específico.
- ▶ Una vez los paquetes pasan los nodos frontera hacia el interior de la red, la asignación de recursos en los Nodos Interiores es hecha con base en las clases de retransmisión.

# Componentes de un nodo frontera

---



# Componentes de un Nodo Frontera

---

Elemento	Función
Clasificador	Divide el flujo de paquetes entrante en múltiples grupos basándose en reglas predefinidas
Medidor (Meter)	Compara el flujo de tráfico de un cliente con su perfil de tráfico. Los paquetes que cumplen el perfil se dejan ingresar directo a la red. Los paquetes que no cumplen deben pasar por el acondicionamiento (marking, shaping, dropping)
Marcador (Marker)	Fija el campo DSCP (codepoint) a un valor particular. Así se incluye el paquete en una clase de retransmisión. Los paquetes marcados como no conformes podrían ser desechados por la red ante congestión.
Recortador (Shaper)	Un recortador no permite que el paquete pase hacia la red hasta que cumpla con el perfil de tráfico (retarda los paquetes)
Desechador (Dropper)	Desecha los paquetes no cumplientes con el perfil de tráfico

# Concluyendo

---

<b>Característica</b>	<b>Servicios Integrados</b>	<b>Servicios Diferenciados</b>
Adaptación a caract. Usuarios (granularidad)	Fina	Burda (sólo 3 tipos de servicios)
Escalabilidad	No es escalable (número moderado de usuarios)	Escalable (número de usuarios muy alto)
Tipos de Redes	Redes de Acceso (LAN, Celulares, Operadores fijos locales)	Backbone de Internet

# 3. MPLS

---

- ▶ MPLS: Multi-Protocol Label Switching
- ▶ Ha surgido como una importante tecnología para transportar paquetes IP (redes WAN)
- ▶ Antecesoros: IP Switch, Tag Switching, ARIS (Aggregate Route-Based IP Switching)
- ▶ Principio básico: Uso de etiquetas en la cabecera de los paquetes para la conmutación.

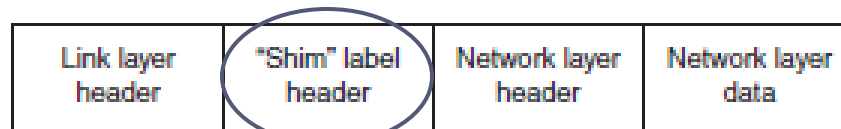




# Transporte de paquetes con etiquetas

---

Formato del paquete:



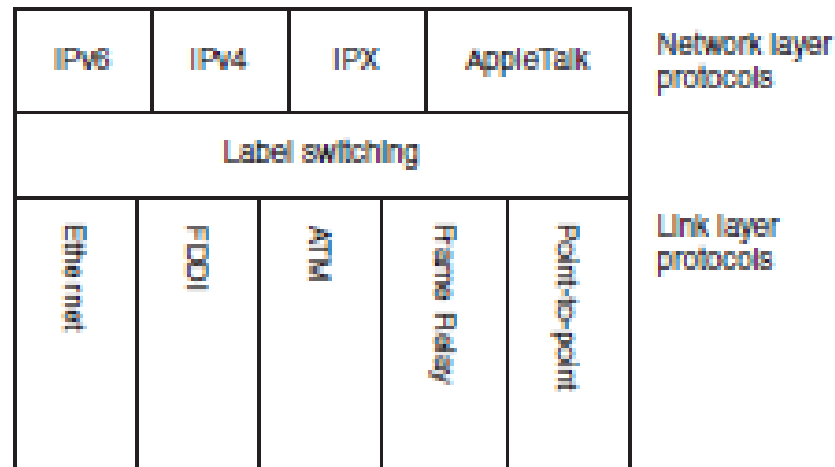
Cabecera MPLS:



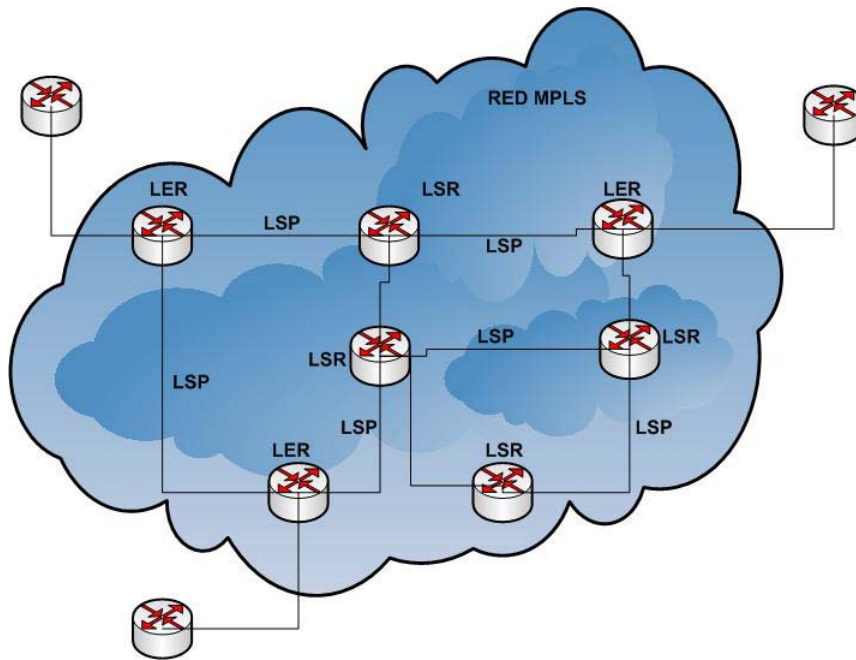
# Ventajas

---

- ▶ Rapidez en la conmutación; permite hacer ingeniería de tráfico, enrutamiento con QoS, VPNs
- ▶ Es una tecnología que transporta paquetes de capa de red (IPX, IPv4, IPv6, etc)
- ▶ También puede usar varias tecnologías de redes de acceso (ATM, FR, FDDI, etc)



# Arquitectura de una red MPLS



- ▶ **LSR:** Label Switched Router. Son cada uno de los Nodos de una red MPLS. Usan las etiquetas para hacer la conmutación
- ▶ **LER:** Label Edge Router. Nodos que se encuentran en las fronteras de la red. Sirven para controlar el ingreso y egreso del tráfico de los clientes.
- ▶ **LSP:** Label Switched Path. Camino que siguen los paquetes. Se define en términos de la transición entre etiquetas.

## 4. Ingeniería de tráfico

---

- Es el aspecto de la ingeniería de redes de internet que hace frente al problema de optimización de rendimiento de las mismas.
- Limitaciones
  - Inadecuadas funciones de medición
  - Funciones de control de enrutamiento.



# Componentes de una red

---

▶ Una red consiste en:

- Sistema de demanda (tráfico)
- Sistema limitante (elementos de red interconectados)
- Sistema de respuesta (Procesos y protocolos de red)

▶ La ingeniería de tráfico establece los parámetros y puntos de operación para estos 3 elementos en un contexto operacional.



# Objetivos de la Ingeniería de Tráfico

---

- ▶ Mapeo del tráfico dentro de la infraestructura de red para lograr los objetivos de rendimiento definidos.
- ▶ Un objetivo principal es el de minimizar la congestión manifestada por:
  - ✓ Recursos de red inadecuados o insuficientes para el manejo de carga ofrecida.
  - ✓ Mapeo de tráfico ineficiente en los recursos, creando subconjuntos de recursos sobreutilizados cuando otros permanecen inutilizados.
- ▶ Operación confiable de la red, la cuál se logra adecuando la capacidad restauración del servicio, re-enrutando rápidamente el tráfico a través de capacidades redundantes cuando la falla ocurre.