

William Stallings

Comunicaciones y Redes de Computadores

Capítulo 16

Funcionamiento de la interconexión de redes

Protocolos de encaminamiento

- Información de encaminamiento:
 - Información sobre la topología y el retardo del conjunto de las redes.
- Algoritmo de encaminamiento:
 - Utilizado para la toma de decisiones de encaminamiento para un datagrama particular.

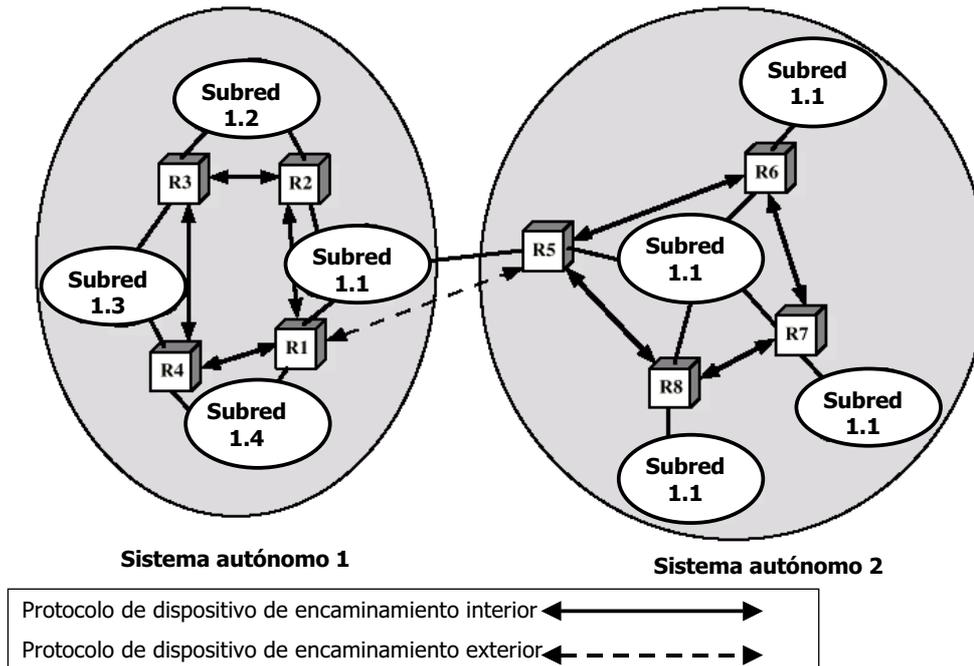
Sistemas autónomos (AS)

- Grupo de sistemas de encaminamiento.
- Intercambio de información.
- Protocolo de encaminamiento común.
- Conjunto de redes y dispositivos gestionados por una sola organización.
- Una red conectada:
 - Existe, al menos, una ruta entre un par de nodos.

Protocolo interior de dispositivo de encaminamiento (IRP)

- Pasa la información de encaminamiento entre los dispositivos de encaminamiento dentro de un sistema autónomo.
- Puede haber más de un sistema autónomo en Internet.
- Los algoritmos y tablas de encaminamiento pueden ser diferentes según los distintos AS.
- Los dispositivos de encaminamiento necesitan una información mínima sobre las redes que están fuera del AS.
- Se utiliza el protocolo de dispositivo de encaminamiento exterior (ERP), para pasar información entre los AS.
- IRP necesita un modelo detallado.
- ERP permite el intercambio de un resumen de información de alcanzabilidad.

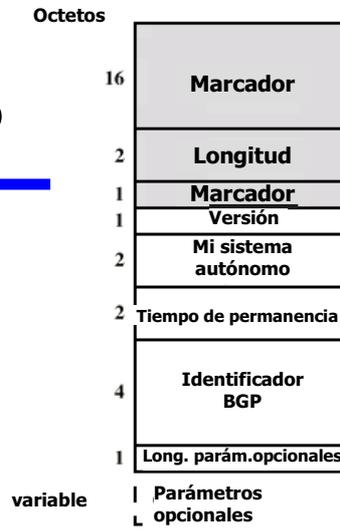
Aplicación de los protocolos de encaminamiento exterior e interior



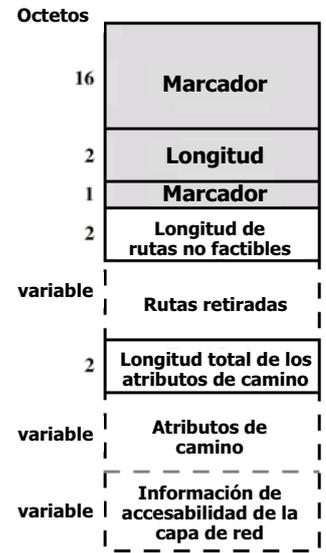
Protocolo de pasarela frontera (BGP)

- Emplean la arquitectura de protocolos TCP/IP, aplicables a cualquier conjunto de redes.
- Se ha convertido en el protocolo de dispositivo de encaminamiento exterior estándar en Internet.
- Los mensajes se envían a través de conexiones TCP:
 - Open.
 - Update.
 - Keepalive.
 - Notification.
- Procedimientos:
 - Adquisición de vecino.
 - Detección de vecino alcanzable.
 - Red alcanzable.

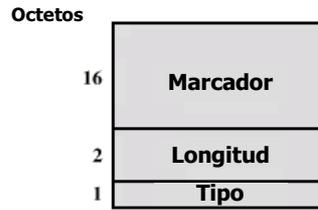
Mensajes BGP



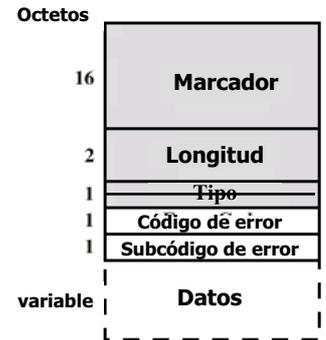
(a) Mensaje *Open*



(b) Mensaje *Update*



(c) Mensaje *Keepalive*



(d) Mensaje *Notification*

Procedimiento BGP

- Abre una conexión TCP.
- Envía un mensaje Open:
 - Incluye un parámetro temporizador de mantenimiento.
- El destinatario calcula un valor mínimo de su tiempo de mantenimiento y el valor que introduce en su mensaje Open:
 - Máximo número de segundos que puede transcurrir entre los mensajes Keepalive y/o los mensajes Update.

Tipos de mensajes

■ Mensaje Keepalive:

- | Para anunciar a otros dispositivos de encaminamiento que dicho dispositivo todavía está ahí.

■ Mensaje Update:

- | Información sobre una ruta particular a través del conjunto de redes.
- | Aporta una lista de rutas que van a ser eliminadas.
- | Incluye información sobre la ruta:
 - | Origen: OSPF o BGP.
 - | Camino_AS : lista de los AS que atravesados por la ruta.
 - | Siguiente_salto: dirección IP del dispositivo de encaminamiento frontera.
 - | Multi_exit_disc: información sobre rutas internas a un AS.
 - | Local_pref: informa a otros dispositivos de encaminamiento dentro del mismo AS.
 - | Agregado_atómico, Agente_unión: utiliza la estructura de árbol de direcciones para reducir la cantidad de información necesaria.

Objetivos de Camino_AS y Siguiente_salto

■ Camino_ AS:

- | Habilita un criterio de encaminamiento:
 - | Evitar el paso por un AS particular.
 - | Seguridad.
 - | Prestaciones.
 - | Calidad.
 - | Número de AS de tránsito.

■ Siguiente_salto:

- | Sólo unos pocos dispositivos de encaminamiento implementan BGP:
 - | Tienen la responsabilidad de comunicarse con otros dispositivos de encaminamiento en otros AS.

Mensajes de notificación

- Error en la cabecera del mensaje:
 - Incluye errores de sintaxis y autenticación.
- Error en mensaje Open:
 - Incluye errores de sintaxis y opciones no reconocidas.
 - El tiempo de mantenimiento es inaceptable.
- Error en el mensaje Update:
 - Incluye errores de sintaxis y validación.
- Tiempo de mantenimiento expirado:
 - La conexión se cierra.
- Error en la máquina de estados finitos.
- Cese:
 - Utilizado para cerrar una conexión en ausencia de cualquier error.

Intercambio de información de encaminamiento BGP

- Dentro de AS, los dispositivos de encaminamiento construyen un esquema de la topología de las redes utilizando IGP.
- Los dispositivos de encaminamiento emiten un mensaje Update a otros dispositivos fuera de AS y mediante BGP.
- Estos dispositivos de encaminamiento intercambian información con otros dispositivos de un AS diferente.
- Los dispositivos de encaminamiento deben decidir cuál es el mejor camino a seguir.

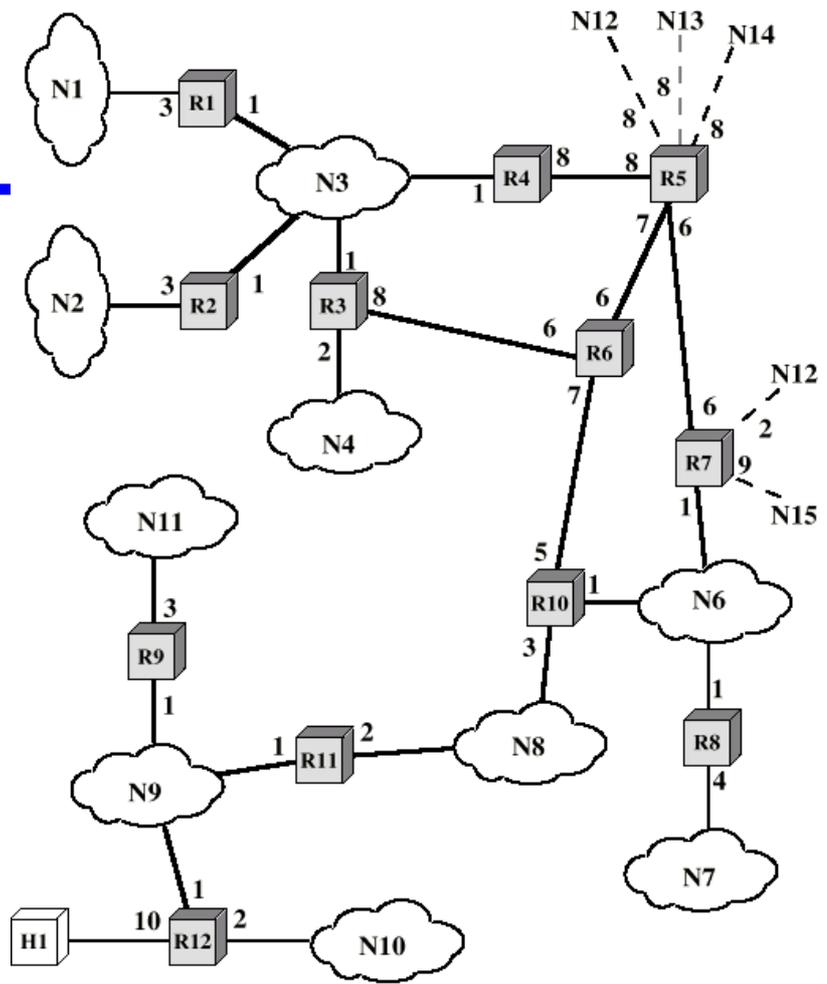
Protocolo abierto del primer camino más corto

- OSPF (Open Shortest Path First).
- IGP del conjunto de redes.
- Reemplazó al Protocolo de Información de Encaminamiento (RIP).
- Utiliza un algoritmo de encaminamiento de estado del enlace:
 - Cada dispositivo de encaminamiento mantiene las descripciones del estado de sus enlaces locales a las redes.
 - Periódicamente transmite la información de estado actualizada.
 - Se produce un tráfico de encaminamiento mínimo, ya que las descripciones de los enlaces son pequeñas y es raro que se tengan que enviar.
 - RFC 2328.
- Calcula una que suponga el menor coste de acuerdo a una métrica de coste configurable por usuario.

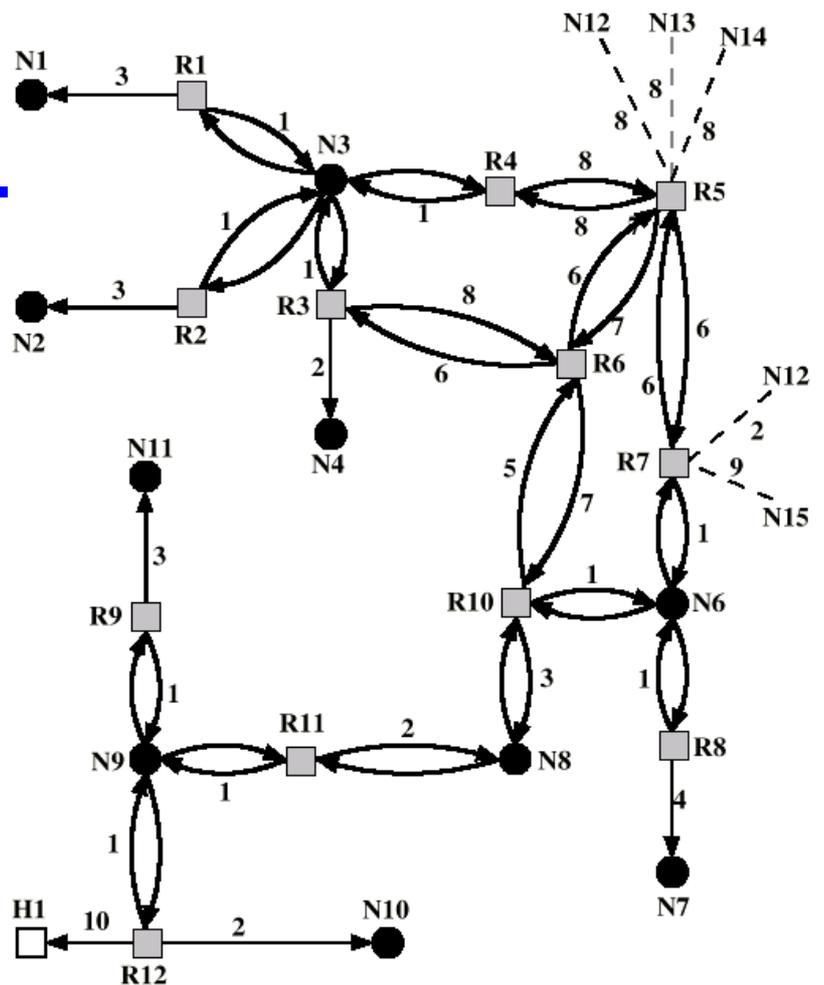
Protocolo abierto del primer camino más corto

- Topología expresada como un grafo dirigido.
- Vértices o nodos:
 - Dispositivo de encaminamiento.
 - Red:
 - Red de tránsito.
 - Red de terminal.
- Arcos:
 - Arcos del grafo:
 - Conectan dos dispositivos de encaminamiento.
 - Conectan un dispositivo de encaminamiento a una red.

AS sencillo



Grafo dirigido del AS



Operaciones

- El algoritmo de Dijkstra (véase Apéndice 10A) se utiliza para calcular el camino de menor coste a todas las redes destino.
- El siguiente salto se usa para el proceso de reenvío de los paquetes.

Arquitectura de servicios integrados

- Necesidad de ser capaz de soportar una gran variedad de tráfico con una gran diversidad de requisitos en cuanto a la calidad del servicio.
- Llamada de teléfono por Internet, nuevas aplicaciones en multimedia o multidifusión.
- El requisito fundamental es incorporar una nueva funcionalidad a los dispositivos de encaminamiento.
- Nuevos mecanismos para analizar la calidad del servicio.
- ISA.
- Se define en términos generales en el RFC 1633.

Tráfico en Internet

■ Tráfico elástico:

- Se puede ajustar, sobre un gran rango, a cambios en el retardo y/o rendimiento:
 - La transferencia de ficheros FTP es sensible a los cambios en el rendimiento.
 - El correo electrónico es insensible a los cambios en retardo.
 - La gestión de red es sensible al retardo cuando se produce una gran congestión.
 - El acceso Web es bastante sensible al retardo.

■ Tráfico no elástico:

- No se adapta fácilmente a las variaciones.
- Ejemplo: el tráfico en tiempo real.

Necesidades del tráfico no elástico

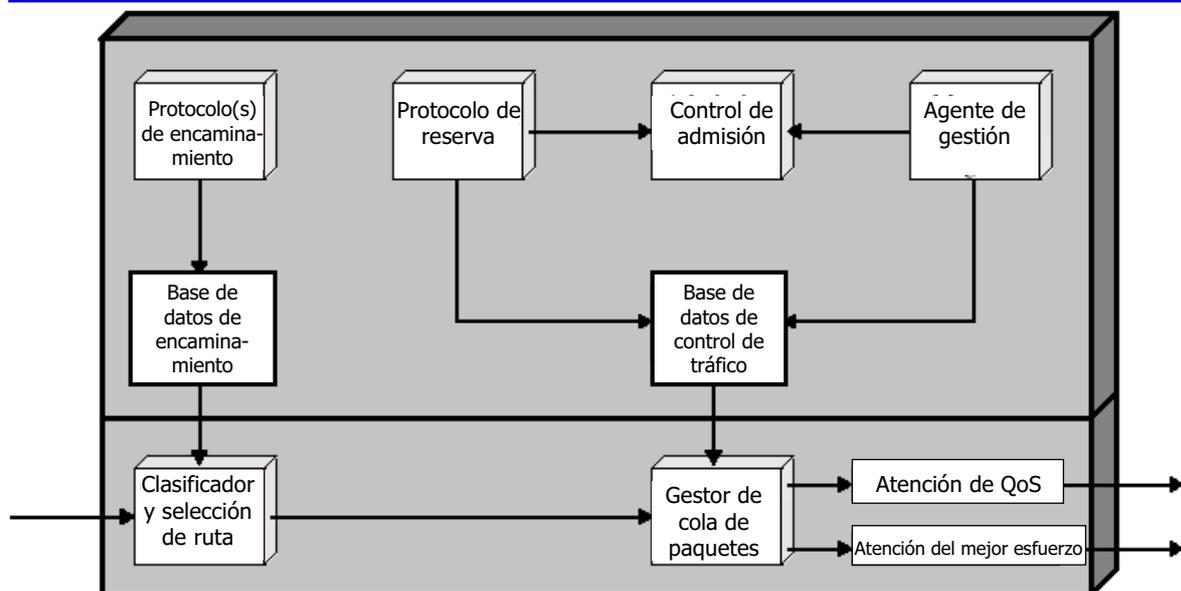
- Rendimiento.
- Retardo.
- *Jitter*:
 - Variación del retardo.
- Pérdida de paquetes.

- Se necesitan medios para dar un tratamiento preferente a las aplicaciones con más necesidades de demanda.
- El tráfico elástico debe seguirse permitiendo.

Enfoque ISA

- La congestión se controla por medio de:
 - Algoritmos de encaminamiento.
 - Descarte de paquetes.
- Cada paquete se puede asociar con un flujo:
 - Unidireccional.
 - Puede haber más de un destino de flujo (multidifusión).
- Control de admisión.
- Algoritmo de encaminamiento.
- Disciplinas de atención en cola.
- Política de descarte.

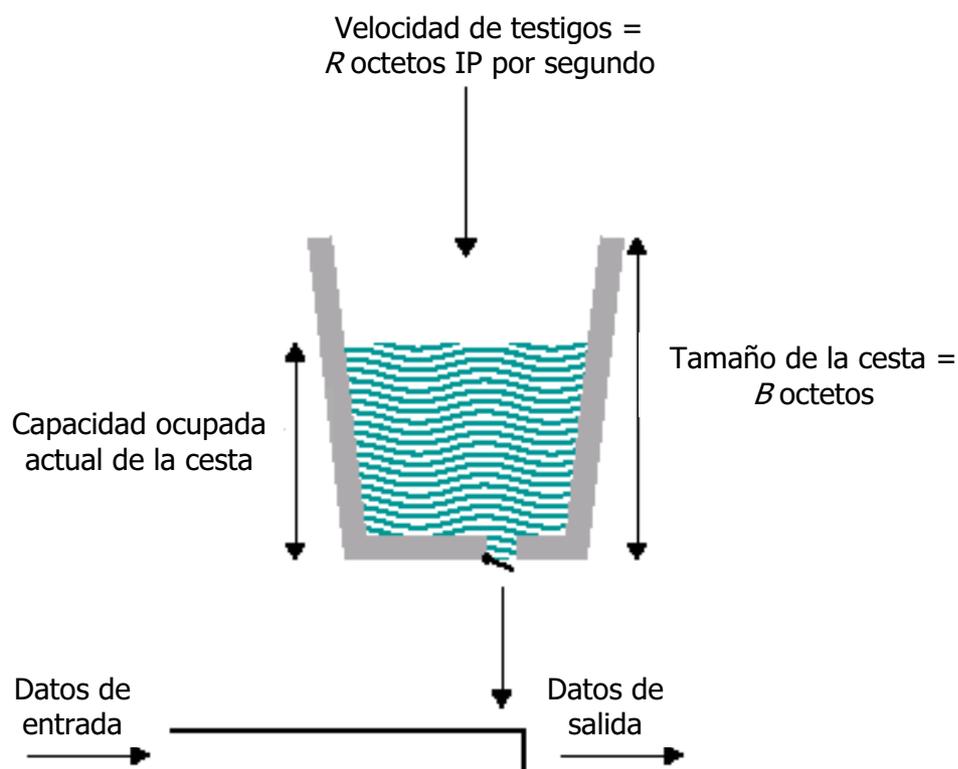
Componentes ISA



Especificación de tráfico cesta de testigos

- Velocidad de relleno de testigos R :
 - Especifica la velocidad de datos sostenida constantemente.
- Tamaño de la cesta B :
 - Especifica la cantidad que la velocidad de datos puede superar a R durante periodos de tiempo cortos.
 - Durante cualquier periodo de tiempo T , la cantidad de datos enviados no puede exceder a $RT + B$.

Esquema de cestas de testigos



Servicios ISA

■ Garantizado:

- Velocidad de datos segura.
- Especificación de un límite superior para el retardo que se sufre en una cola.
- No existen pérdidas en la cola.
- Se pueden reproducir en tiempo real los datos entrantes.

■ Carga controlada:

- Aproxima estrictamente el comportamiento de las aplicaciones que reciben un servicio del mejor esfuerzo bajo condiciones de baja carga.
- No existe una especificación de un límite superior en el retardo de cola.
- Porcentaje muy alto de paquetes transmitidos que son entregados satisfactoriamente.

■ Mejor esfuerzo.

Disciplinas de atención en cola

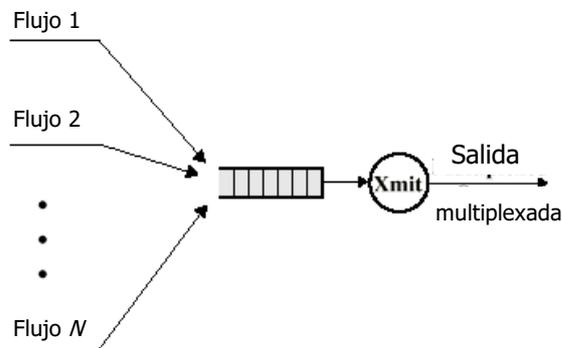
■ La disciplina tradicional FIFO:

- No se da ningún tratamiento especial a los paquetes de flujos que tienen una prioridad más alta.
- Un paquete grande puede retrasar a los paquetes más pequeños.
- Una conexión TCP "codiciosa" puede excluir a otras conexiones "altruistas".

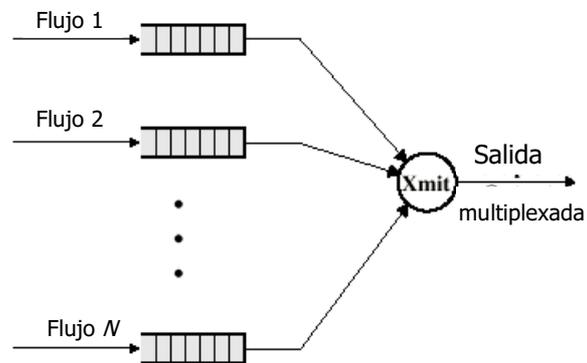
■ Atención equitativa de la cola:

- Las colas se mantienen para cada puerto de salida.
- Cada paquete se sitúa en una cola para su flujo.
- Las colas se atienden de una forma cíclica.
- Las colas vacías no se atienden.
- Puede estar mejorada con la atención de colas equitativa ponderada.

Atención equitativa en cola FIFO



(a) Atención FIFO de cola



(b) Atención equitativa de cola justa

Reserva de recursos: RSVP

- Las aplicaciones monodifusión reservan recursos en los dispositivos de encaminamiento para soportar una calidad de servicio.
- Si un dispositivo de encaminamiento no puede satisfacer la reserva de recursos, entonces se informa a las aplicaciones de este hecho.
- Una transmisión multidifusión puede generar una cantidad enorme de tráfico.
- Se puede prever por dos razones:
 - Puede que algunos de los miembros de un grupo existente no necesiten la distribución desde una fuente determinada durante un periodo de tiempo dado.
 - Ejemplo: Puede haber dos "canales" transmitiendo a un grupo multidifusión particular al mismo tiempo. Sintonización de sólo uno de los canales.
 - Algunos miembros de un grupo sólo podrían ser capaces de gestionar una porción de la transmisión de la fuente.

Estado flexible

- Un conjunto de información de estado en un dispositivo de encaminamiento que expira a menos que la entidad que solicita el estado la refresque regularmente.
- Los sistemas finales deben refrescar periódicamente sus solicitudes durante la transmisión.
- Protocolo de reserva de recursos (RSVP).
- RFC 2205

Metas de RSVP

- Proporcionar la capacidad de hacer reservas a receptores.
- Tratar elegantemente los cambios en la pertenencia a un grupo multidifusión.
- Especificar necesidades de recursos de tal forma que el total de los recursos reservados para un grupo de multidifusión refleje realmente los recursos necesarios.
- Permitir a los receptores seleccionar una fuente.
- Tratar elegantemente los cambios en las rutas.
- Controlar la información suplementaria del protocolo.
- Ser independiente del protocolo de encaminamiento.

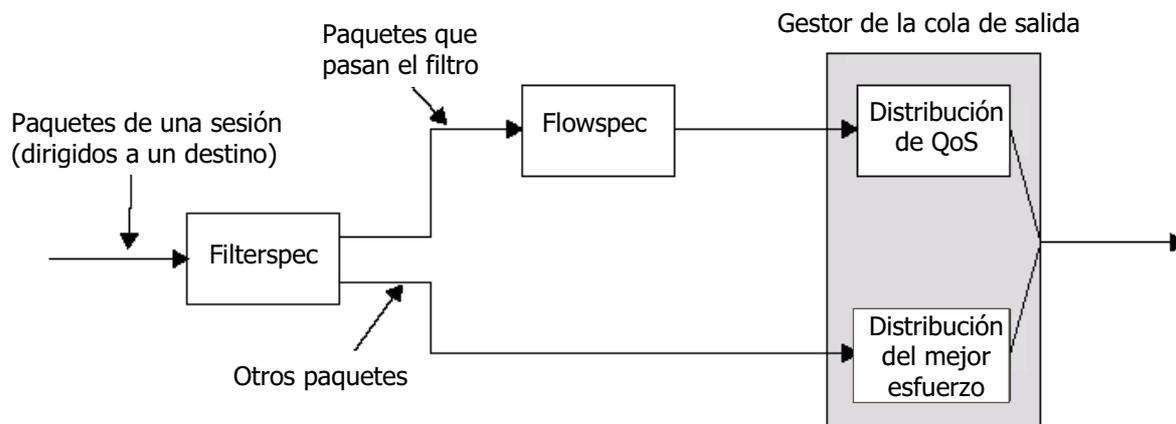
Características de RSVP

- Monodifusión y multidifusión.
- Simplex.
- Reserva iniciada por el receptor.
- Mantenimiento de estado flexible en el conjunto de redes.
- Suministro de diferentes estilos de reserva.
- Operación transparente a través de dispositivos de encaminamiento no RSVP.
- Soporte a IPv4 e IPv6.

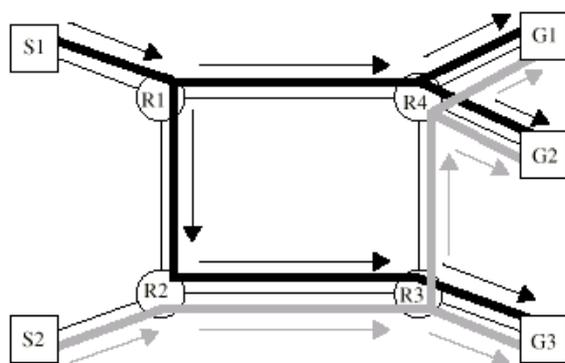
Conceptos relacionados con los flujos de datos

- Sesión:
 - Flujo de datos identificado por su destino.
- Descriptor de flujo:
 - Solicitud de reserva emitida por un sistema final destino.
 - Consta de una **especificación de flujo** (flowspec) y un **filtro de flujo** (filterspec).
 - La especificación de flujo indica una calidad de servicio deseada.
 - La especificación de filtro define un conjunto de paquetes para los que se solicita la reserva.

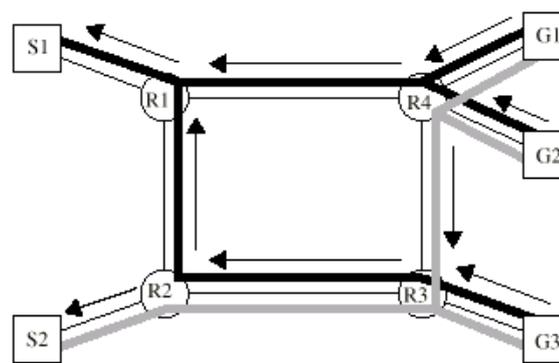
Tratamiento de paquetes



Funcionamiento RSVP



(a) Distribución de datos a un grupo de multidifusión



(b) Mensajes Resv fusionados

Tipos de mensajes RSVP

■ Mensajes Resv:

- Se originan en los receptores de un grupo de multidifusión.
- Se propagan hacia arriba a través del árbol de distribución.
- Crean estados flexibles dentro de los dispositivos de encaminamiento.
- Llegan a los computadores origen para establecer los parámetros de control de tráfico apropiados para el primer salto.

■ Mensajes Path:

- Proporcionan información de encaminamiento hacia arriba.

Funcionamiento del protocolo desde la perspectiva de un computador

- Un receptor se une a un grupo multidifusión, enviando un mensaje de unión IGMP.
- Un origen potencial emite un mensaje Path.
- Un receptor recibe un mensaje Path identificando al origen.
- El receptor tiene información del camino inverso y puede empezar a enviar mensajes Resv.
- Los mensajes Resv se propagan a través de las redes interconectadas y se entregan al origen.
- El origen comienza a enviar paquetes de datos.
- El receptor comienza a recibir paquetes de datos.

Servicios diferenciados

- Proporcionan una herramienta simple, fácil de implementar y con poca información suplementaria que permita un rango de servicios de red diferenciados sobre la base del rendimiento.
- Los paquetes IP se etiquetan para un tratamiento de QoS diferenciado utilizando el octeto de tipo de Servicio de IPv4 o el octeto de Clase de Tráfico de IPv6.
- Se establece un acuerdo de nivel de servicio entre el proveedor de servicios y el cliente para utilizar DS.
- Proporciona un mecanismo de agregación integrado:
 - Permite escalar de forma apropiada redes y cargas de tráfico grandes.
- Se implementa por medio de la atención en cola y el encaminamiento, basándose en el octeto DS:
 - Mantienen en su estado información de estado sobre flujos de

Servicios DS

- El tipo de servicios DS se proporciona dentro de un dominio DS:
 - Se define como una porción continua de Internet sobre la que se administra un conjunto consistente de políticas DS.
 - Normalmente, está bajo el control de una única entidad administrativa.
 - Se definen en el acuerdo de nivel de servicio (SLA).

Parámetros en una SLA

- Parámetros detallados de prestaciones del servicio:
 - Rendimiento esperado.
 - Probabilidad de descarte.
 - Latencia.
- Restricciones en los puntos de entrada y salida.
- Perfiles de tráfico:
 - Ejemplo: los parámetros de la cesta de testigos.
- Disposición del tráfico enviado en exceso del perfil especificado.

Ejemplos de servicios

- Nivel de servicio A: distribuido con una latencia baja.
- Nivel de servicio B: distribuido con una tasa de pérdida baja.
- Nivel de servicio C: 90% del tráfico no experimentará más de 50 ms de latencia.
- Nivel de servicio D: se entrega el 95% del perfil de tráfico.
- Nivel de servicio E: tiene asignado el doble de ancho de banda que el tráfico ofrecido en el nivel F.
- El tráfico con precedencia de descarte X tiene una probabilidad mayor de distribución que el tráfico con precedencia de descarte Y.

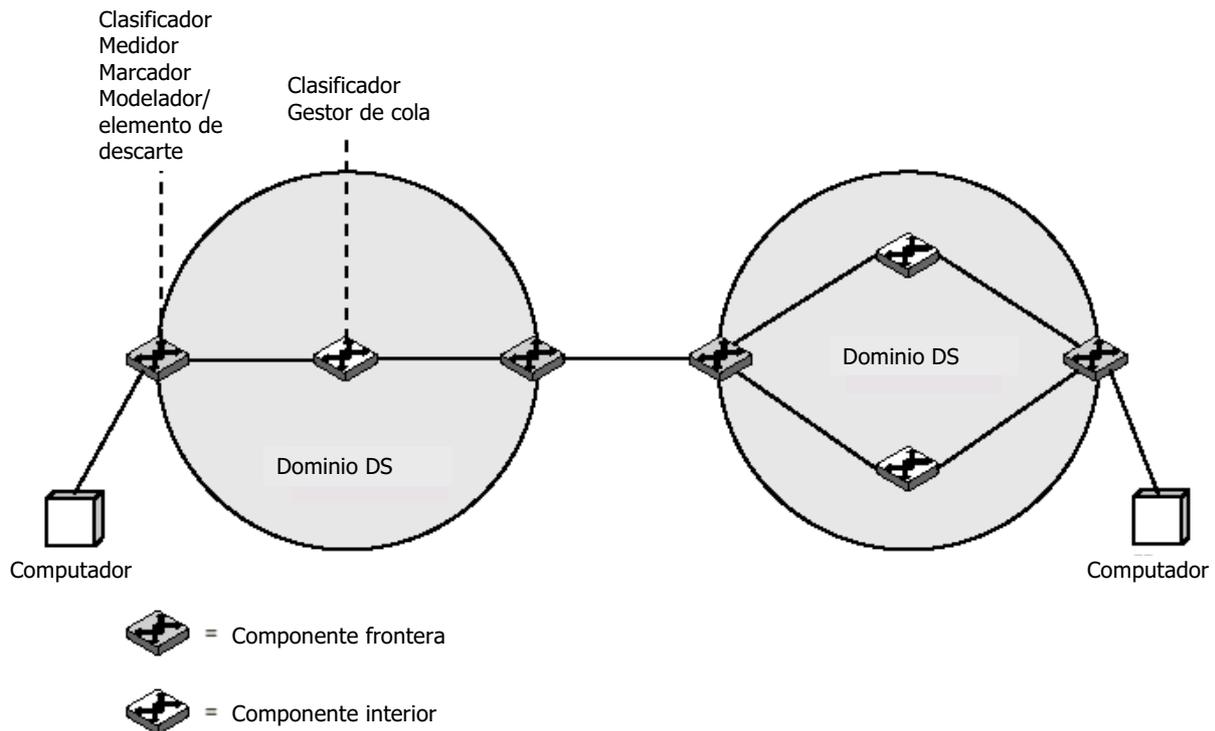
Octeto DS: conjuntos de códigos

- Se usan los 6 bits a la izquierda.
- Tres conjuntos de códigos:
 - xxxxx0
 - Asignación estándar.
 - xxxx11
 - Uso experimental o local.
 - xxxx01
 - Uso experimental o local, pero se podrían asignar para estándares futuros.

Octeto DS: subcampo de precedencia

- Selección de ruta.
- Servicio de red.
- Disciplina de atención en cola.

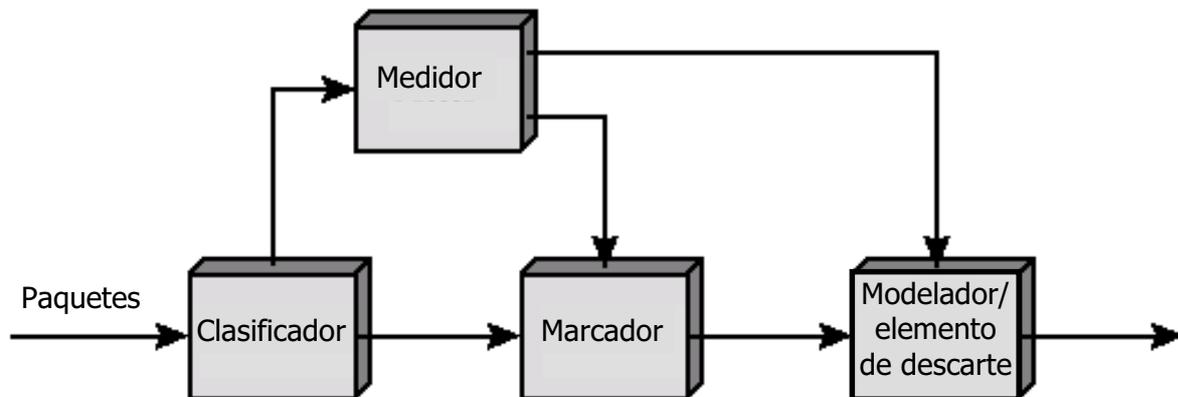
Dominios DS



Configuración y funcionamiento de los DS

- Dentro de un dominio, la interpretación de los códigos DS es uniforme.
- Los dispositivos de encaminamiento en un dominio DS pueden ser nodos fronteras o nodos interiores.
- Funciones de acondicionamiento del tráfico:
 - Clasificador.
 - Medidor.
 - Marcador.
 - Modelador.
 - Elemento de descarte.

Acondicionamiento de tráfico DS



Lecturas recomendadas

- Stallings, W. *Comunicaciones y Redes de Computadores*, sexta edición. Madrid: Prentice Hall, 2000: Capítulo 16.
- Comer, *Internetworking with TCP/IP, Volume I: Principles, Protocols, and Architecture*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1995.
- Referencias bibliográficas citadas en el libro de texto.