

IntServ

3. MODELOS DE SERVICIO

Definición

- ▶ Los modelos de servicio describen la interfaz entre la red y sus usuarios en la arquitectura de asignación de recursos.
- ▶ Es decir, cuáles usuarios de servicios pueden hacer solicitudes a la red y qué clase de acuerdos de recursos puede ofrecer la red.
- ▶ IntServ estandarizó dos modelos de servicio básico:
 - ▶ Servicio Garantizado
 - ▶ Servicio de carga controlada

3.1 Especificación de flujos

Especificación de flujos (I)

- ▶ Para hacer una reserva, una aplicación debe *caracterizar el tráfico* que inyectará a la red y especificar los *requerimientos del servicio* para el flujo. En IntServ esto se hace en la “especificación del flujo” (flow specification).
- ▶ **Flow Specification:** Es en esencia un contrato de servicios que especifica:
 - ▶ El tráfico que la fuente enviará
 - ▶ Recursos y servicios que la red se compromete a prestar.

Especificación de flujos (II)

- ▶ Si la fuente viola su descripción de tráfico (p.ej. Enviando una tasa mayor que la acordada), la red obviamente no será capaz de mantener su compromiso.
- ▶ Típicamente, el tráfico es analizado por un *control de policía* (o de políticas) antes de que entre a la red para asegurar que el tráfico está conforme con la descripción de tráfico acordada.

Especificación de flujos (III)

- ▶ Un flujo puede ser caracterizado de muchas formas; la forma exacta depende del tipo de control de admisión y tipo de planificación de paquetes usados.
- ▶ Parámetros comunes:
 - ▶ Tasa Pico (Peak Rate)
 - ▶ Tasa Promedio (Average Rate)
 - ▶ Tamaño de la ráfaga (Burst Size)

Parámetros de la especificación de flujos

▶ Tasa Pico (Peak Rate):

- ▶ Es la tasa máxima a la que puede generar tráfico una fuente.
- ▶ Está limitada por los dispositivos de Hardware (no se pueden generar paquetes a más de 10Mbps en una Ethernet de 10Mbps)
- ▶ En algunos casos es recortada para reducir la tasa pico de la fuente.
- ▶ Puede ser calculada a partir del tamaño de los paquetes y el espaciamiento entre paquetes consecutivos.

Parámetros de la especificación de flujos

▶ **Tasa promedio (Average rate):**

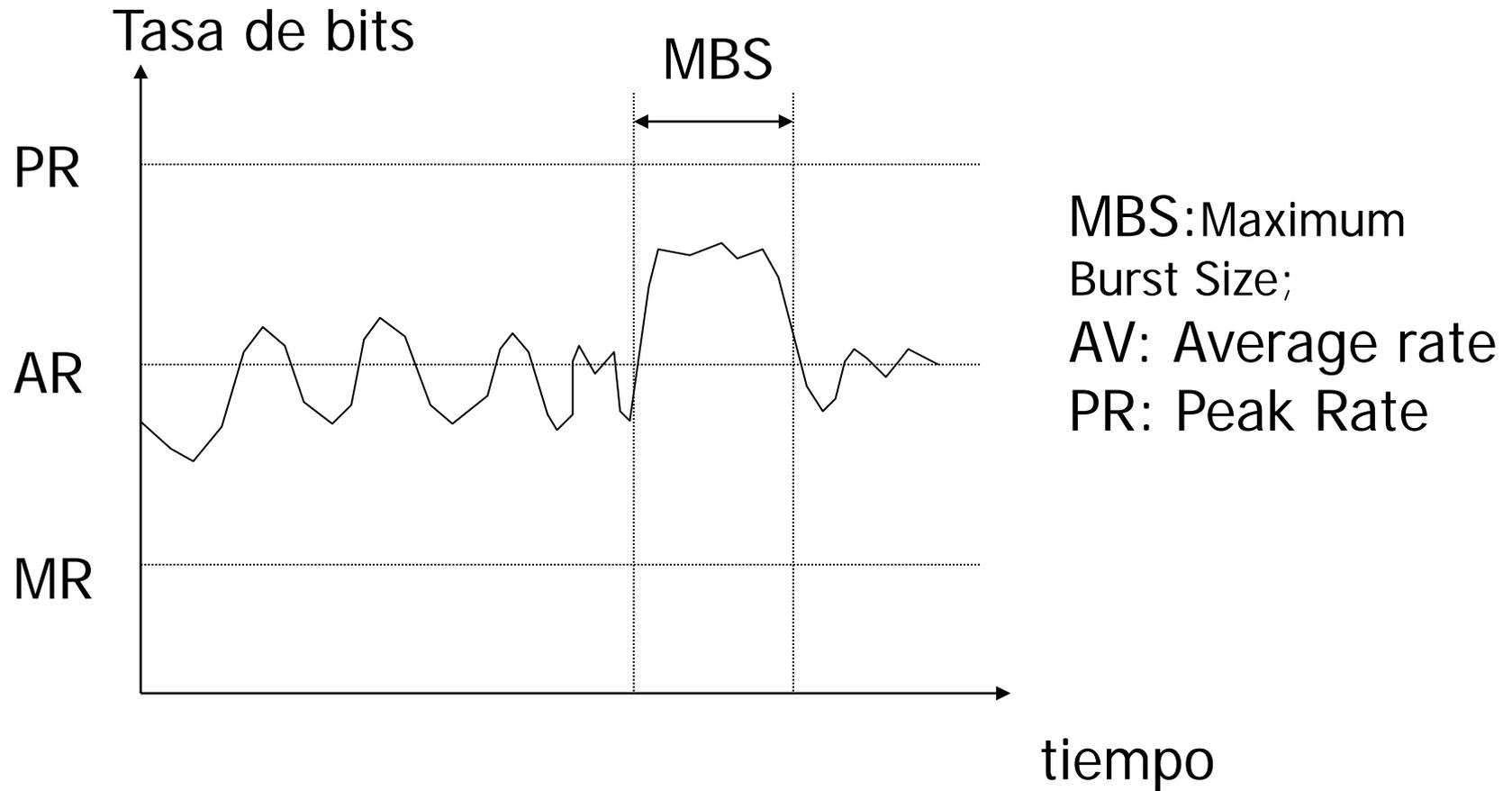
- ▶ Es la tasa promedio de transmisión sobre un intervalo de tiempo.
- ▶ Puede ser calculada de muchas formas y los resultados pueden ser diferentes.
- ▶ Típicamente se calcula con una ventana de tiempo movible, por lo que el intervalo de tiempo para promediar puede iniciar en cualquier instante de tiempo.

Parámetros de la especificación de flujos

▶ **Tamaño de la ráfaga (Burst Size):**

- ▶ Es la cantidad máxima de datos que pueden ser inyectados en la red a la tasa pico.
- ▶ Refleja la proporción de ráfagas de la fuente de tráfico.
- ▶ Para evitar pérdidas de paquetes, el router del primer salto podría tener que asignar un buffer para fuentes más grandes que el tamaño de la ráfaga.

Relación entre los parámetros



Uso del Leaky Bucket

- ▶ IntServ usa los parámetros del algoritmo Leaky Bucket (cubeta que gotea) para describir el tráfico.
- ▶ Leaky Bucket es una clase muy popular de reguladores de tráfico.
- ▶ Tiene dos parámetros:
 - ▶ r : Tasa de llegada de Tokens (testigos)
 - ▶ b : Profundidad de la cubeta

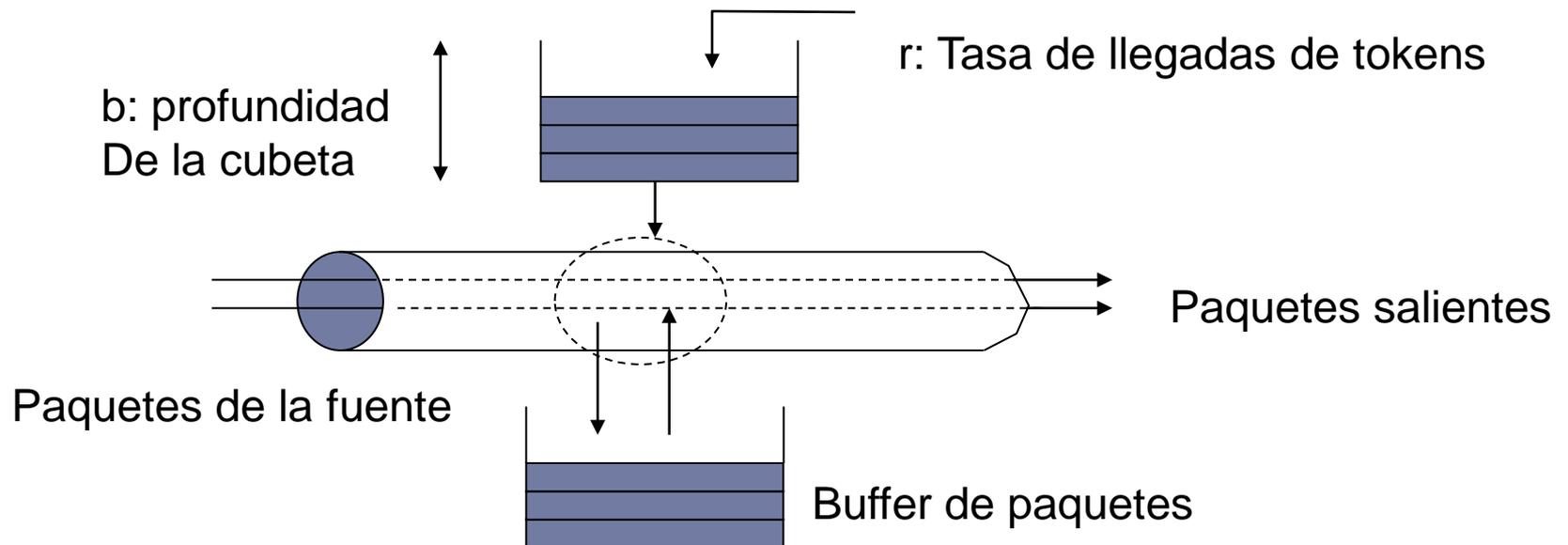


Operación del Leaky Bucket

- ▶ Los tokens gotean en la cubeta a una tasa constante r y son consumidos por los paquetes entrantes.
- ▶ Cuando llega un paquete, el regulador envía el paquete sólo si la cubeta tiene suficientes tokens.
- ▶ Cuando un paquete deja la cubeta, el regulador remueve una cantidad de tokens igual al tamaño del paquete saliente.
- ▶ Si un paquete llega y no hay suficientes tokens disponibles, el paquete es almacenado en un buffer de paquetes.

Operación del Leaky Bucket

- La profundidad b es el límite en la cantidad máxima de paquetes que pueden ser acumulados.
- Una vez la cubeta de tokens alcanza la profundidad b , el regulador descartará los siguientes tokens hasta que el tamaño de la cubeta de tokens sea menor que la profundidad b .



Propiedades del regulador Leaky Bucket

- ▶ El número de bits que permite enviar a una fuente está limitado por una función lineal:
 - ▶ $A(t)$: Cantidad de bits transmitidas durante un intervalo t
 - ▶ $A(t) \leq (r \times t) + b$
- ▶ La tasa de llegada de tokens corresponde a la tasa promedio a largo plazo del tráfico.
- ▶ La fuente puede enviar ráfagas de tráfico en la red, pero el tamaño máximo de la ráfaga no puede ser mayor que la profundidad b de la cubeta de tokens.

Parámetros de QoS

- ▶ Los requerimientos del servicio son específicos de la aplicación (Ej: programa de audio: round trip delay, transferencia de archivos: tasa promedio de transmisión)
- ▶ Los parámetros más comunes para describir la QoS son:
 - ▶ Ancho de banda mínimo
 - ▶ Retardo
 - ▶ Variación del retardo
 - ▶ Tasa de pérdidas

Parámetros de QoS

▶ Ancho de banda mínimo:

- ▶ Es la cantidad mínima de ancho de banda requerida por un flujo de una aplicación.
- ▶ Debe especificarse el intervalo de tiempo para medir el ancho de banda, ya que diferentes intervalos arrojan diferentes resultados.
- ▶ La asignación del ancho de banda es garantizada por los algoritmos de planificación de paquetes.
- ▶ La clase WFQ de algoritmos de planificación es capaz de proveer garantías de ancho de banda mínimo sobre intervalos de tiempo muy cortos.

Parámetros de QoS

▶ **Retardo:**

- ▶ Puede especificarse como:
 - ▶ Retardo promedio
 - ▶ Retardo en el peor caso
- ▶ El retardo de un paquete tiene tres componentes:
 - ▶ **Retardo de propagación:** Debido a la velocidad de la luz y depende de la distancia.
 - ▶ **Retardo de transmisión:Tiempo** para enviar un paquete sobre un enlace.
 - ▶ **Retardo en cola:** Tiempo de espera que experimenta un paquete.
- ▶ **Nota:** los dos últimos pueden ser convertidos a requerimientos de ancho de banda.

Parámetros de QoS

- ▶ **Variación del retardo (Delay jitter):**
 - ▶ Especifica la máxima diferencia entre el mayor retardo y el menor retardo que experimentan los paquetes.
 - ▶ No debería ser mayor que el peor caso de los retardos de transmisión y de cola.

Parámetros de QoS

▶ **Tasa de pérdidas:**

- ▶ Es la razón entre los paquetes perdidos y el total de paquetes transmitidos.
- ▶ Las pérdidas de paquetes en internet son causadas en su mayoría por congestión.
- ▶ Las pérdidas de paquetes pueden ser prevenidas asignando suficiente ancho de banda y buffers para los flujos de tráfico

Parámetros estándares de IntServ (RFC 2215)

- ▶ A cada parámetro se le asigna una identificación orientada a la máquina que puede ser usada dentro de los mensajes de los protocolos.
- ▶ La identificación del parámetro consiste de dos campos numéricos:
 - ▶ `service_number`: identifica el servicio asociado con el parámetro
 - ▶ `Parameter_number`: Identifica el parámetro mismo
- ▶ Especificación del Par servicio/parámetro: `<service_number, parameter_number>`

RFC 2215

- ▶ El número de servicio I es usado para indicar los valores por defecto de los parámetros.
- ▶ <I,parameter_number>, significa que se aplica a todos los servicios a menos que se especifique traslape con un valor de servicio específico para el mismo parámetro.
- ▶ Los valores 2 a 254 son asignados a servicios individuales. Ejemplos:
 - ▶ 2: Servicio garantizado
 - ▶ 5: Servicio de carga controlada
- ▶ Valores 1 a 127 de los parámetros se asignan a parámetros comunes a todos los servicios.
- ▶ Valores 128 a 254 de los parámetros se asignan a parámetros específicos de un servicio particular.

Parámetros de IntServ

Parámetro	Números	Descripción
NON_IS_HOPS	1,2	Bandera que indica la presencia de elementos de red que no implementan servicios de QoS a lo largo del camino de datos. La regla de composición es una función OR.
NUMBER_OF_IS_HOPS	3,4	Es un contador que lleva el total acumulado de los saltos con capacidad IntServ. Regla de composición: Se incrementa en 1 con cada salto calificado.
Ancho de banda disponible	5,6	Es la cantidad de ancho de banda disponible a lo largo del camino seguido por un flujo de datos. Regla de composición: Es el valor mínimo de todos los anchos de banda en los diferentes enlaces.
MINIMUM_PATH_LATENCY	7,8	Es el mínimo retardo de paquete de un salto o un camino. Incluye un retardo fijo (por propagación y procesamiento) pero no el retardo en cola. Regla de composición: Se van sumando los retardos para cada salto. Se reporta en microsegundos. Valor máximo: $2^{exp32} - 1$. Si lo supera, se reporta el máximo.
PATH_MTU	9,10	Unidad de transmisión máxima a lo largo del camino. Se usa en servicios que limitan el mínimo tamaño de los paquetes. Regla de composición: Es el valor mínimo requerido del tamaño de paquetes.
TOKEN_BUCKET_TSPEC	127	Es una estructura compuesta por 5 parámetros: Token rate (R), bucket depth (b), peak rate (p), minimum policed unit (m), maximum packet size (M). Es usado por la fuente y por el nodo frontera.

Parámetros de IntServ

- ▶ La definición de cada parámetro usado para caracterizar un camino tiene dos tipos de valores:
 - ▶ *Valor local*: Da información sobre un elemento de red solamente
 - ▶ *Valor compuesto*: Refleja la composición de los valores locales a lo largo del camino con la regla de composición específica para el parámetro.

3.2. Servicio Garantizado

Introducción

- ▶ Este servicio provee garantía de ancho de banda y límites estrictos en los retardos de colas End-to-End para los flujos que lo conforman.
- ▶ Este servicio fue creado para aplicaciones que requieren alto aseguramiento del ancho de banda y el retardo (Ej. Aplicaciones de Playback).
- ▶ El servicio garantizado también puede ser usado para aplicaciones que tienen requerimientos fuertes de tiempo real, tales como sistemas de control de misión.

Comportamiento End-to-End

- ▶ El comportamiento End-to-End de un camino que soporta servicio garantizado puede ser visto como un circuito virtual con ancho de banda garantizado.
- ▶ La partición del ancho de banda entre circuitos virtuales es lógica, por lo que los límites de las particiones pueden ser expandidos.
- ▶ Los flujos de tráfico best-effort podrían ser oportunistas y usar el ancho de banda no consumido por flujos reservados.

Comportamiento End-to-End

- ▶ El servicio garantizado también provee límites estrictos en el retardo.
- ▶ No se controla el retardo mínimo o el retardo promedio, sino el **retardo en cola máximo**.
- ▶ La garantía de retardo en cola máximo asume que el tráfico entrante está conforme con los parámetros especificados del Token Bucket.
- ▶ Las aplicaciones deben tomar en cuenta el **retardo adicional**: el retardo de propagación del camino y el retardo del recorte para acondicionar los flujos de tráfico a los parámetros del Token Bucket.
- ▶ El retardo en cola podría aumentar si los flujos violan los parámetros del Token Bucket, lo que aumentaría el retardo debido al acondicionamiento (shaping) en el regulador Token Bucket.

TSpec y RSpec

- ▶ Una aplicación invoca servicio garantizado especificando un Descriptor de tráfico (TSpec) y una especificación de servicio (RSpec) a la red.
- ▶ El servicio garantizado usa el objeto `TOKEN_BUCKET_TSPEC`.



Parámetros de TSpec

- ▶ TSpec describe las fuentes de tráfico con los siguientes parámetros:
 - ▶ **Bucket rate (r) (bytes/seg):** Tasa a la que llegan los paquetes al Token Bucket.
 - ▶ **Peak rate (p) (bytes/seg):** Tasa máxima a la que los paquetes pueden transmitir.
 - ▶ **Bucket depth (b) (bytes):** El tamaño del Token Bucket
 - ▶ **Minimum policed unit (m) (bytes):** Cualquier paquete con un tamaño menor a m, será contado como m bytes.
 - ▶ **Maximum packet size (M) (bytes):** El tamaño máximo de paquete que puede ser aceptado

Parámetros de RSpec

- ▶ Este descriptor es específico del servicio garantizado. Describe los requerimientos del servicio con dos parámetros:
 - ▶ Service rate (R) (bytes/seg): Es la tasa del servicio o requerimiento de ancho de banda.
 - ▶ Slack Term (S) (microseg): Es la cantidad extra de retardo que un nodo podría adicionar al requerimiento de retardo end-to-end (se discute en RSVP).

Cálculo del retardo

- ▶ El retardo en cola End-to-End del peor caso puede calcularse a partir de TSpec y RSpec.
- ▶ Una aproximación simple es usar el **modelo de fluidos**.
- ▶ El modelo de fluido para un servicio a una tasa R es en esencia el servicio que podría proveerse por un cable dedicado entre la fuente y el destino con ancho de banda R .

Cálculo del retardo (II)

▶ Supuestos:

- ▶ La fuente de tráfico está restringida por un token bucket con parámetros (r,b,p) .
- ▶ El token bucket está lleno cuando se empieza a servir el flujo en el tiempo T_0 .
- ▶ Normalmente el ancho de banda reservado R es \geq que la tasa de tokens (r) .
- ▶ Normalmente la velocidad de salida del dispositivo es igual a la tasa pico (p) .
- ▶ p es generalmente mucho mayor que R y r .

Cálculo del retardo (III)

- ▶ Si se asume p infinita, el retardo puede ser expresado como la siguiente ecuación:
 - ▶ Retardo en cola E2E del peor caso = b/R ($p \rightarrow$ infinito y $R \geq r$)
- ▶ Esto significa que el retardo en cola está determinado sólo por la profundidad del token bucket (b) y la tasa de servicio (R).
- ▶ La ráfaga de paquetes que una fuente de tráfico puede enviar está restringida por la profundidad del token bucket, por lo que la longitud de la cola nunca excederá a b .

Cálculo del retardo (IV)

- ▶ Si en T_0 el Token Bucket está lleno y la fuente envía una ráfaga de paquetes a una tasa pico ρ , la cantidad de paquetes que la fuente puede enviar no es mayor que la profundidad del token bucket (ρ).
- ▶ Todos los paquetes llegan casi instantáneamente (ρ es muy grande), por lo que la máxima longitud de la cola es b .
- ▶ El paquete que experimenta el peor retardo será el último paquete de una ráfaga de tamaño b .

Cálculo del retardo (V)

- ▶ Si la tasa pico p es comparable a R y r , el retardo de peor caso se reduce debido a que algunos paquetes serán servidos en el mismo momento que el último paquete de la ráfaga entre a la red. En este caso el retardo es
- ▶ Retardo en cola E2E del peor caso $= b(p-R)/R(p-r)$ donde $(p > R \geq r)$
- ▶ Si $p < R$, no habrá retardo en cola (la red puede ofrecer una tasa de servicio mayor que la tasa de llegada de paquetes de la fuente).
- ▶ Si $r > R$, el retardo en cola queda sin restricciones (no existe? O no se puede controlar?)

Cálculo del retardo (VI)

- En una red real, los servicios que recibe un flujo no pueden ser iguales a los de un enlace punto a punto real.
- Se han establecido dos términos de error para representar cómo se desvía la implementación real del servicio garantizado con respecto al modelo de fluidos.
- C: Término de error dependiente de la tasa. Representa el retardo que experimenta un paquete debido a la tasa y a la longitud del paquete. Un nodo intermedio debe esperar hasta que el último bit del paquete llegue antes de transmitirlo otra vez. Este retardo de paquetización depende de la longitud del paquete y la tasa de transmisión.
- D: Término de error independiente de la tasa. Es un término de error por elemento y representa el retardo no relacionado con la tasa de peor caso. Se determina generalmente en el momento de la configuración. Ejemplo: Retardo de pipelining en un router. Típicamente, los paquetes son procesados en una tubería por diferentes módulos, tales como el analizador de rutas y el de identificación de flujos. Cada módulo introducirá una cantidad de retardo fija. El retardo en un salto se decide por la longitud de la tubería.

Cálculo del retardo (VII)

- ▶ La suma End-to-End de C y D sobre un camino, son C_{tot} y D_{tot} , respectivamente.
- ▶ Las sumas parciales de C y D en un punto son C_{sum} y D_{sum} .
- ▶ El cálculo del retardo envuelve estas cantidades, por lo que deben estar disponibles a los nodos finales y las interfaces de servicio.

Cálculo del retardo (VIII)

- ▶ El cálculo del retardo en cola del peor caso con los términos de errores incorporados queda así:

$$\frac{(b-M)(p-R)}{R(p-R)} + \frac{M+C_{tot}}{R} + D_{tot} \quad (p > R \geq r)$$

$$\frac{M+C_{tot}}{R} + D_{tot} \quad (R \geq p \geq r)$$

- El retardo en cola es, sin embargo, sólo un componente del retardo total. El retardo total end-to-end que experimenta una aplicación debe tener en cuenta el retardo de propagación, el retardo de recorte y otros retardos de procesamiento dentro de los sistemas finales.

Control de Policía y recorte

- Los flujos de tráfico que reciben servicio garantizado deben ceñirse a los parámetros del token bucket y los parámetros de tasa pico sobre todos los períodos.
- Para cualquier período T , la cantidad de datos enviados no puede exceder a $M + \text{MIN}[pT, rT + B - M]$.
- Para propósitos de este cálculo, los paquetes más pequeños que la unidad de policía m , son contados como m .
- Los paquetes que no están conformes con este aspecto están sujetos a control de policía y recorte.



Control de Policía

- ▶ Es realizado en los límites de la red, comparando el tráfico con los parámetros TSpec acordados.
- ▶ Los paquetes que no están conformes son tratados como datagramas best-effort y podrían ser marcados con una prioridad muy baja.
- ▶ La aplicación debería asegurar que el tráfico que entra a la red esté conforme con el TSpec.
- ▶ Los proveedores de servicio, sin embargo, necesitan monitorear los flujos y forzar a que se cumpla con el TSpec.

Recorte (Shaping)

- ▶ Es realizado en todos los puntos de ramificación heterogéneos y todos los puntos de fusión.
- ▶ Los puntos de ramificación heterogéneos son puntos donde un árbol de distribución multicast tiene múltiples ramificaciones que tienen diferentes TSpecs.
- ▶ El recorte es necesario si el TSpec del enlace saliente es menor que el TSpec reservado para el enlace inmediato en sentido upstream.
- ▶ Un punto de fusión es donde dos árboles de distribución se fusionan y comparten la misma reserva.
- ▶ El recorte se hace almacenando paquetes hasta que ellos estén conformes con los parámetros del token bucket.

3.3. Servicio de carga controlada

Introducción

- En el servicio garantizado, los recursos deben ser reservados para el peor caso.
- Para tráfico a ráfagas, esto conlleva a una baja utilización de la red y un costo elevado de la reserva de recursos.
- Además, es difícil conocer exactamente los requerimientos del ancho de banda y retardo para una aplicación dada.
- Para ciertas aplicaciones, se podrían servir sus necesidades con modelos de servicio menos estrictos en las garantías y más bajos en costos.



Servicio Controlado

- ▶ No provee ninguna garantía cuantitativa en límites de retardo o ancho de banda.
- ▶ Trata de emular una red cargada ligeramente para aplicaciones que requieren este servicio.
- ▶ Permite multiplexado estadístico, y por tanto es implementado de forma más eficiente que el servicio garantizado.
- ▶ Es adecuado para aplicaciones adaptativas que requieren algún grado de aseguramiento del desempeño pero sin límites absolutos.

Comportamiento End-to-End

- ▶ El comportamiento E2E del servicio de carga controlada es algo vago con respecto al servicio garantizado. De alguna forma, esto es intencional.
- ▶ El servicio de carga controlada es un servicio entre el servicio best-effort y el servicio garantizado.
- ▶ Usa mecanismos de control de admisión y de aislamiento de tráfico.
- ▶ Se le conoce como “servicio mejor-que-best-effort”.

Comportamiento End-to-End

- ▶ El comportamiento de este servicio de cara a las aplicaciones puede ser descrito como similar a aquel de una red best-effort ligeramente cargada, es decir:
 - ▶ Un alto porcentaje de los paquetes transmitidos será entregado exitosamente por la red a los receptores.
 - ▶ El retardo de tránsito en cola experimentado por un alto porcentaje de paquetes entregados no excederá mucho el retardo mínimo.

Comportamiento End-to-End

- ▶ El servicio de carga controlada no hace uso de valores específicos para controlar los parámetros como el retardo y las pérdidas.
- ▶ La aceptación de una solicitud para el servicio de carga controlada implica que la red tiene suficientes recursos para acomodar el tráfico sin causar congestión.

Comportamiento End-to-End

- ▶ Otra forma de describir el servicio de carga controlada es describir los eventos que se espera ocurran con alguna frecuencia:
 - ▶ Retardo en cola promedio pequeño o no existente sobre todas las escalas de tiempo significativamente más grandes que el tiempo de ráfaga (el tiempo requerido para transmitir el máximo tamaño de ráfaga a la tasa solicitada).
 - ▶ Pérdidas por congestión pequeñas o no existentes sobre todas las escalas de tiempo significativamente más largas que el tiempo de ráfaga.

Comportamiento End-to-End

- ▶ En esencia, el servicio de carga controlada permite un pico ocasional de retardos o pérdidas. Sin embargo, la probabilidad de que ocurran tales eventos debe ser suficientemente baja por lo que el retardo promedio en cola y la tasa de pérdidas promedio sobre un período razonable es cercana a cero

Invocación y control de Policía

- ▶ Las aplicaciones pueden solicitar a la red el servicio de carga controlada especificando los parámetros de tráfico deseados en la forma de un TSpec.
- ▶ La nueva solicitud puede ser aceptada sólo cuando todos los nodos sobre el camino tienen suficientes recursos disponibles para acomodar el nuevo flujo.
- ▶ El algoritmo de control de admisión para decidir si un flujo puede ser aceptado es dejado como una cuestión local y podría ser de implementación específica. El estándar de carga controlada especifica sólo los parámetros de tráfico TSpec.

Invocación y control de Policía

- ▶ El servicio de carga controlada requiere algunos mecanismos disponibles para monitorear la conformidad de los flujos y hacer cumplir la asignación de recursos en presencia de paquetes no conformes.
- ▶ Cuando los paquetes no conformes llegan, la red debe asegurar localmente que se alcanzan los siguientes requerimientos:
 - ▶ La red continuará proveyendo las garantías de servicio contratadas a los paquetes conformes.
 - ▶ La red debería prevenir el tráfico de carga controlada excesivo de impactar injustamente el tráfico best-effort.
 - ▶ La red debe intentar entregar el tráfico excesivo cuando pueda hacerlo sin violar los primeros dos requerimientos.

Invocación y control de Policía

- ▶ Cuando se ofrecen los servicios ampliados, podría ser deseable mantener algún mínimo nivel de servicio para todos los suscriptores de los servicios best-effort. En tales casos, el tráfico excesivo de los servicios de carga controlada podrían ser controlados, por lo que no se causa escasez de tráfico best-effort.