

DiffServ en INET

Práctica 1 – Diseño de Redes

Instrucciones

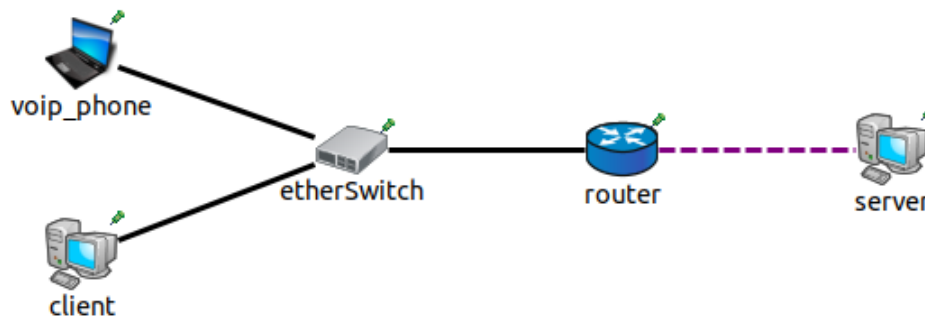
Elabore una **memoria** explicando los resultados de simulación obtenidos al seguir los pasos indicados. Incluya todas las figuras que se piden, así como cualquier figura adicional que considere importante para explicar los resultados de simulación. Las explicaciones deben hacerse a la luz de lo explicado en la teoría de la asignatura.

- El único formato aceptado es **PDF**.
- Utilice la plantilla **LaTeX Overleaf** oficial del Trabajo Fin de Grado disponible en la Wiki FIC.
- **Referencie todas las figuras** en el texto.
- El contenido de las figuras debe ser legible **sin necesidad de hacer zoom**.
- Cuide la **redacción** y la **ortografía**. Ambas serán tenidas en cuenta.
- Utilice el **formato vectorial SVG** para almacenar las figuras. Para incluirlas en la memoria, puede convertirlas a PDF con la utilidad *rsvg-convert*, incluida en el paquete *librsvg2-bin* de Ubuntu. El siguiente comando convierte a PDF todos los archivos SVG de una carpeta:

```
$ for i in *.svg; do rsvg-convert -f pdf -o ${i%.*}.pdf $i; done
```

Escenario

Cree un nuevo proyecto con los ficheros *DiffservNetwork.ned*, *omnetpp.ini*, *TrafficConditionerSimple.ned* y *filters.xml* disponibles en el Campus Virtual de la asignatura. La red consta de un cliente que transmite VoIP de 64kbps (76.8kbps a nivel IP) y de otros dos que transmiten tráfico de fondo UDP de 80kbps (a nivel IP) cada uno. Los clientes están conectados mediante un switch Ethernet a un router que hace de enlace intermedio hacia el servidor. El enlace del router con el servidor es de 128kbps, insuficiente para el tráfico total ($76.8 + 80 + 80 = 236.8$ kbps).



En concreto, la transmisión de VoIP se lleva a cabo en paquetes RTP sobre UDP e IP. Se emite un paquete RTP de 160B cada 20ms ($160B * 8bit/B / 0.02s = 64kbps$). A cada paquete se le añaden las cabeceras RTP, UDP e IP de 4B, 8B y 20B respectivamente, resultando paquetes de 192B a nivel IP. La tasa efectiva es, por lo tanto, $192B * 8bit/B / 0.02s = 76.8kbps$. La transmisión de cada flujo UDP de fondo se lleva a cabo emitiendo un paquete UDP de 972B

cada 100ms. A cada paquete se le añaden las cabeceras UDP e IP de 8B y 20B, respectivamente, resultando paquetes de 1000B a nivel IP.

La simulación dura 100s en las primeras secciones que se incluyen a continuación y 500s en la última. La transmisión de VoIP solo se realiza durante los primeros 60s. En concreto, se reproduce y muestrea un fichero de audio de 30s y se repite dos veces.

Router sin QoS

Ejecute una simulación con la configuración *VoIP_WithoutQoS*. En la interfaz de simulación de OMNeT++ inspeccione los módulos *router.ppp[0]* y *server*. Ejecute primeramente la simulación en los modos *Run* y *Fast* para observar el flujo de paquetes y finalmente en modo *Express* para obtener los resultados completos.

Reproduzca el fichero de audio grabado en recepción para apreciar la calidad VoIP recibida.

Router con QoS DiffServ mediante LLQ con colas DropTail

Ahora haremos que el router aplique QoS mediante DiffServ. Para ello, añadiremos una etapa trivial de clasificación que simplemente marcará el DSCP de los paquetes según su origen seguida de una etapa de encolado para gestionar la congestión.

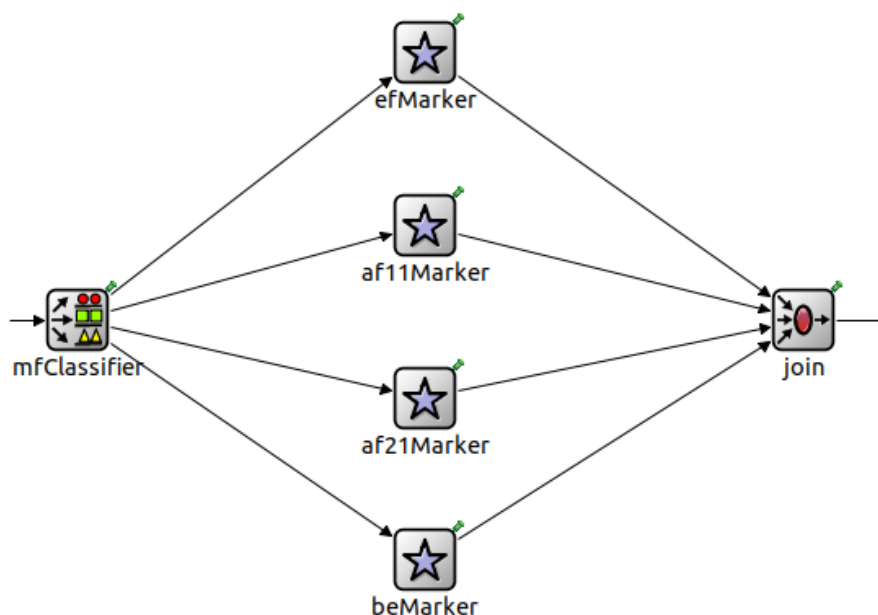


Fig. 1: Clasificador trivial de tráfico (*TrafficConditionerSimple.ned*).

En el clasificador (Fig. 1), los paquetes del cliente VoIP se marcarán con DSCP igual a EF (*Expedited Forwarding*), y los de los dos clientes UDP con DSCP igual a AF11 y AF21, respectivamente.

La etapa de encolado (Fig. 2) consiste en una estructura Low-Latency Queueing (LLQ), resultado de aplicar SPQ (*Strict Priority Queueing*) para el tráfico EF y WFQ (*Weighted Fair Queueing*) para el tráfico AFxy y BE (*Best Effort*).

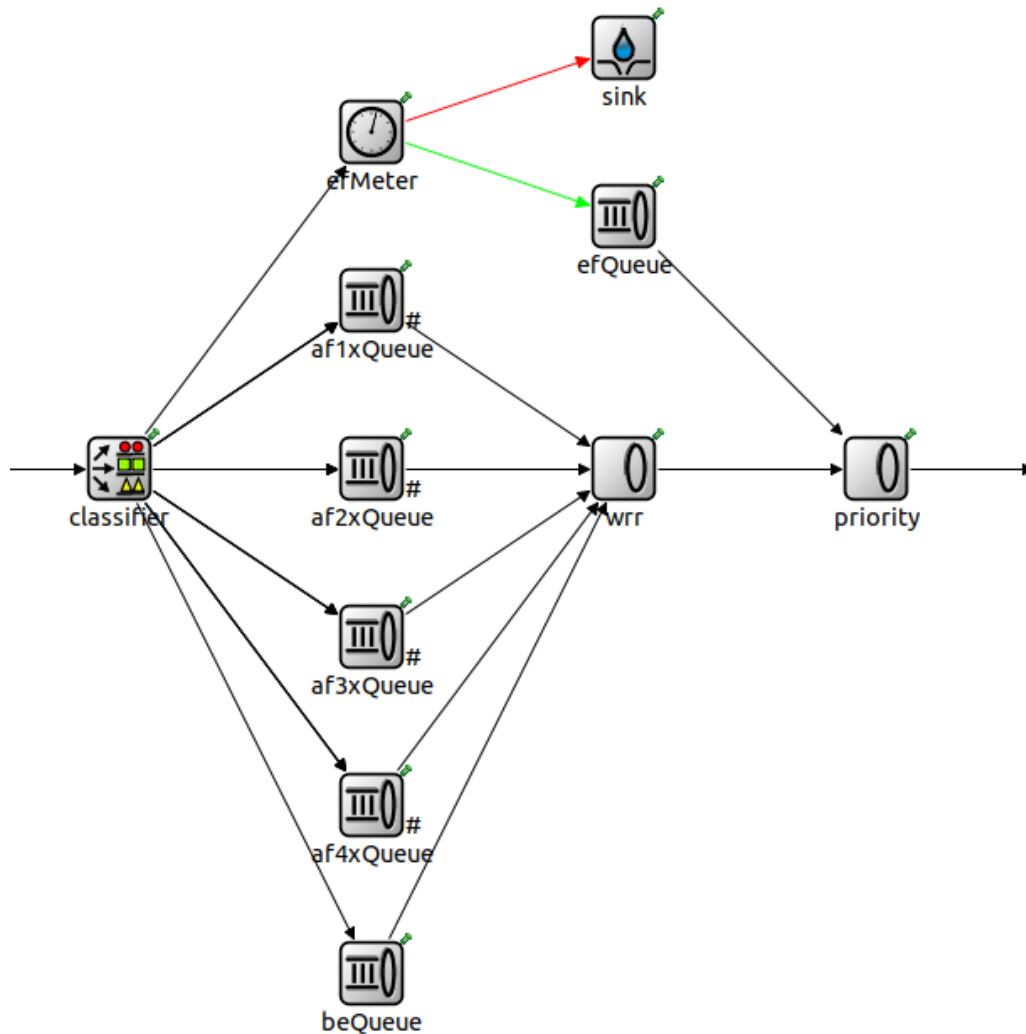


Fig. 2: Low-Latency Queueing para gestión de congestión en el router.

Dado que con SPQ el tráfico EF puede dejar sin posibilidad de fluir al resto del tráfico, es necesario hacer *metering* del tráfico EF y descartar los paquetes que no cumplan el perfil de tráfico esperado. En este caso, limitaremos el tráfico EF a la tasa efectiva resultante de transmitir VoIP de 64kbps en paquetes RTP sobre UDP e IP. A nivel IP, como se explicó anteriormente, es 76.8kbps.

Ejecute una simulación con la configuración *VoIP_QoS_LLQ_DropTail*, donde las colas AF1x y AF2x están configuradas con valores extremos (*Minth* = 99, *Maxth* = 100, *Maxp* = 1.0) que hacen que se comporten como simples colas DropTail. En la interfaz de simulación de OMNeT++ inspeccione los módulos *router.ppp[0].egressTC*, *router.ppp[0].ppp.queue* y *server*. Ejecute primeramente la simulación en los modos *Run* y *Fast* para observar el flujo de paquetes y finalmente en modo *Express* para obtener los resultados completos.

Reproduzca el fichero de audio grabado en recepción para apreciar la calidad VoIP recibida.

Router con QoS DiffServ mediante LLQ con colas DropTail y WRR

Ejecute una simulación con la configuración *VoIP_QoS_LLQ_DropTail_WRR* para que entre las colas AF1x y AF2x se realice un *Weighted Round Robin* (WRR) con pesos AF1x = 1 y AF2x = 8.

Router con QoS DiffServ mediante LLQ cola LLQ y colas RED

Ejecute una simulación con la configuración *VoIP_QoS_LLQ_RED* para que las colas AF1x y AF2x realicen RED (*Random Early Detection*) con valores *Minth* = 20, *Maxth* = 100, y *Maxp* = 0.2 y 1.0, respectivamente. El factor de suavizado del algoritmo RED está fijado a *wq* = 0.01. Consulte la documentación de INET para obtener más información sobre estos parámetros. La duración de simulación es de 500s en este caso.

En las gráficas (citadas más adelante) Longitud de cola del router (*queueLength*) y Tiempo de encolado del router (*queueingTime*) puede apreciar la “inercia” característica del algoritmo RED y cómo acaba convergiendo a un régimen permanente. Pruebe a variar los valores *Minth*, *Maxth* e *Maxp* y observe os resultados.

Elaboración de la memoria

Para cada una de las secciones anteriores, incluya en la memoria (usando un capítulo para cada sección) las siguientes gráficas:

- **Longitud de cola del router:**
 - Router sin QoS: *queueLength* de *router.ppp[0].ppp.queue*.
 - Router con QoS: *queueLength* de *router.ppp[0].ppp.queue.efQueue / af1xQueue / af2xQueue* (una gráfica).
- **Tiempo de encolado en el router:**
 - Router sin QoS: *queueingTime* de *router.ppp[0].ppp.queue*.
 - Router con QoS: *queueingTime* de *router.ppp[0].ppp.queue.efQueue / af1xQueue / af2xQueue* (una gráfica).
- **Retardo extremo a extremo:** *endToEndDelay* de *server.app[0]* y *server.app[1]* y *delay* de *server.app[2]* (una gráfica).
- **Paquetes recibidos en el servidor:** *packetReceived* de *server.app[0]*, *server.app[1]* y *server.app[2]* (una gráfica). Incluya además una versión de la gráfica con zoom en el intervalo [0 – 1s] y otra en el intervalo [99 – 100s].
- **Muestras VoIP perdidas:** *lostSamples* de *server.app[2]*
- **Paquetes VoIP perdidos:** *lostPackets* de *server.app[2]* (solo aparece en caso de no estar vacío).

Para cada gráfica, explique *cada una de sus zonas* y cómo está relacionada con otras gráficas (en caso de estarlo). Comience por las gráficas Longitud de cola del router (*queueLength*) y Tiempo de encolado en el router (*queueingTime*), puesto que, una vez explicadas bien estas dos gráficas, el resto se pueden explicar de modo muy sencillo y escueto. Si la gráfica puede explicarse simplemente haciendo referencia a otra gráfica (p. ej. la gráfica Retardo extremo a extremo), omita la explicación de cada zona de la gráfica.

IMPORTANTE: utilice siempre el mismo color y símbolo en todas las gráficas de la memoria para representar cada flujo, de modo que se puedan comparar fácilmente unas gráficas con otras.

En la Fig. 3 se muestra, a modo de ejemplo, la Longitud de cola del router para el caso del router sin QoS. Primero, observe que no ponemos ningún título en OMNeT++ ni a la gráfica ni a los ejes, ya que es mejor incluirlos en el título de la figura en LaTeX. Debemos indicar primero el título (*Longitud de cola del router*) y después los títulos de los ejes con sus unidades entre paréntesis. En caso de representar varias gráficas en una sola, se indicaría de la misma forma para cada una de ellas, simplemente escribiendo una a continuación de otra, tal como se aprecia en la Fig. 4.

Otro aspecto importante es que para mantener la uniformidad de tamaño de figura y de fuente, se maximizó la gráfica en el OMNeT++ IDE y se ajustó el tamaño de fuente a Sans Regular 30 para que en la versión en LaTeX el texto dentro de la figura tenga aproximadamente el tamaño del texto LaTeX. De esa forma, la gráfica es legible sin necesidad de hacer zoom. También se ha aumentado el tamaño de los símbolos de 4 a 6 por el mismo motivo. Esto es válido para todas las figuras con eje horizontal 0 – 100s. Para las figuras con eje horizontal 0 – 1s, 99 – 100s y 0 – 500s hay que hacer otro ajuste de modo manual para conseguir el mismo efecto.

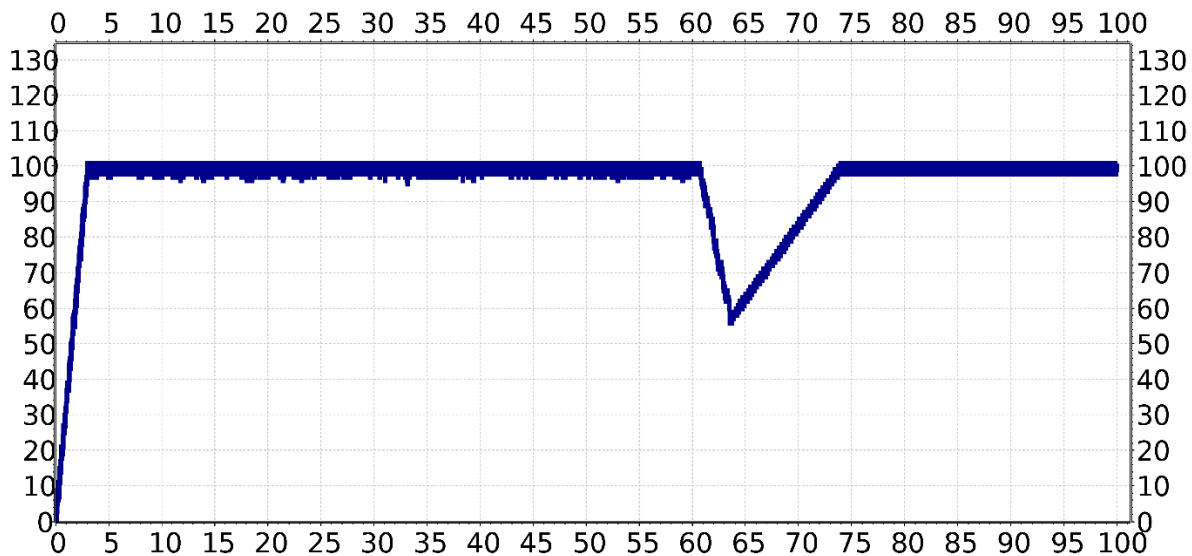


Fig. 3 Longitud de cola del router. Paquetes (pkt) Vs Tiempo (s).

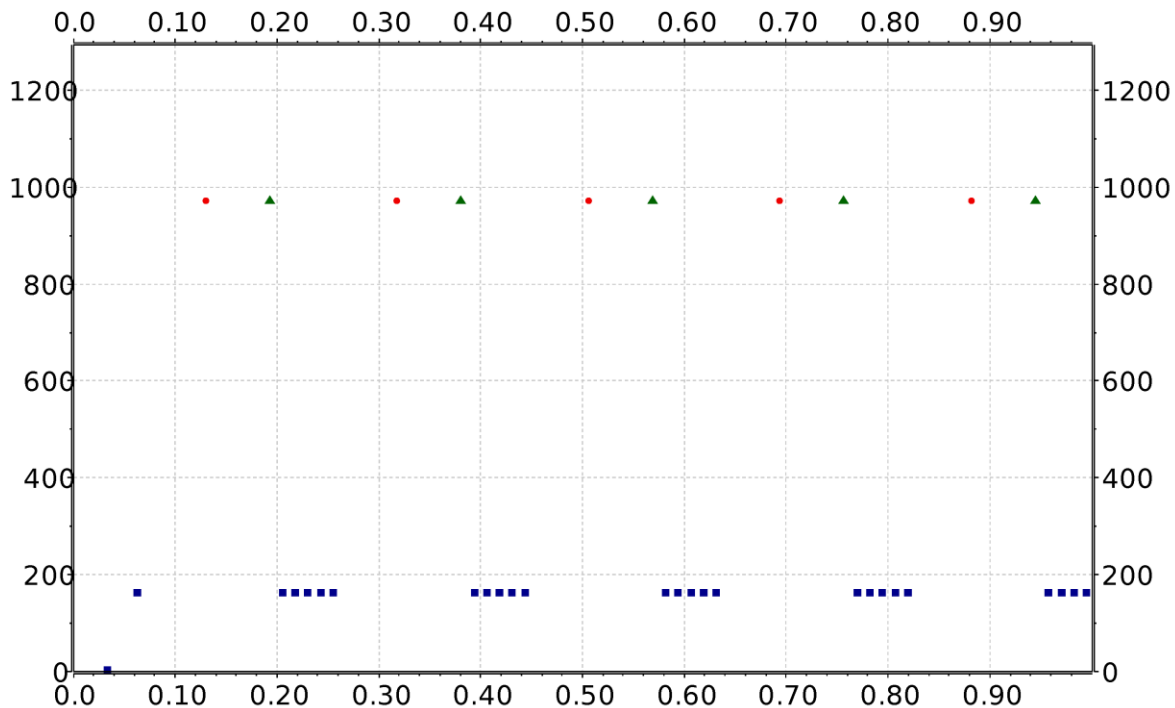


Fig. 4 Paquetes recibidos en el servidor. Tamaño del paquete recibido (B) Vs Tiempo (s). Paquetes VoIP (azul) y UDP (rojo y verde).

Ejercicios

Router sin QoS

1. Para el caso en el que se están transmitiendo tanto el flujo VoIP como los dos flujos UDP, calcular:
 - a. Tasa de entrada (pkt/s) a la cola.
 - b. Proporción de paquetes de cada tipo en la cola.
 - c. Tasa de salida (pkt/s) de la cola, asumiendo que la cabecera del protocolo PPP tiene 7B.
 - d. Tiempo en cola de un paquete cuando la cola está llena.
2. ¿Cuál es la tasa de entrada (pkt/s) y la tasa de salida (pkt/s) justo en el momento en que deja de transmitirse el flujo VoIP? ¿Qué consecuencia tienen estas tasas sobre la cola?
3. Para el caso en el que ya solo se están transmitiendo los dos flujos UDP y la cola está llena, calcular:
 - a. Tasa de entrada (pkt/s) y tasa de salida (pkt/s).
 - b. Tiempo en cola de un paquete.
 - c. ¿Cuál sería la máxima longitud de cola si queremos que el tiempo de encolado de un paquete sea como máximo 1s?
4. Calcule la proporción de paquetes de cada tipo en la cola para que las tasas de entrada y de salida (pkt/s) se igualen. ¿Está la cola llena en ese momento?

Router con QoS

1. ¿Cuántos paquetes habrá como máximo en la cola EF?
2. Mientras dura la transmisión del flujo VoIP:
 - a. ¿Cuál es la tasa de salida (en pkt/s y bit/s) de cada cola AF1x y AF2x?
 - b. ¿Cuántos paquetes por segundo se descartan a la entrada de cada cola?
3. ¿Por qué cuando deja de transmitirse el flujo VoIP las colas AF1x y AF2x no se vacían y vuelven a llenar como ocurría con la cola del router sin QoS?