Laboratorio 3: Transporte

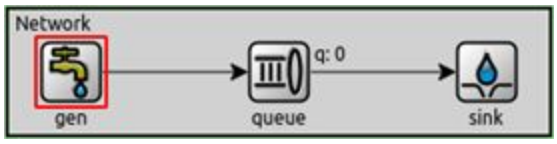
Cátedra de Redes y Sistemas Distribuidos 2019

Objetivos

- Leer, comprender y generar modelos de red en Omnet++.
- Analizar tráfico de red bajo tasas de datos acotadas y tamaño de buffers limitados.
- Diseñar y proponer soluciones de control de congestión y flujo.

Modelo de Colas

Se entrega como *kickstarter* un modelo de colas que consta de un generador (`gen`), una cola (`queue`) y un destino (`sink`) conectados en una red `Network` (definida en el archivo `.ned`).



En el archivo `omnetpp.ini` se configura una simulación de 200s donde `gen` crea y transmite paquetes con intervalos dados por una distribución exponencial de media configurable, y `queue` es capaz de atenderlos bajo una misma distribución.

```
sim-time-limit = 200s
Network.gen.generationInterval=exponential(1)
Network.queue.serviceTime=exponential(1)
```

El comportamiento de cada módulo se especifica en su respectiva clase en C++, declarada y definida en un único archivo de código (`Generator.cc`, `Queue.cc` y `Sink.cc`). En particular, el módulo Sink toma métricas (`.vec` y `.sca`) de la demora de entrega de los paquetes.

Tarea Análisis

El modelo de colas ignora nociones de capacidad (tasa de transferencia de datos y memoria de buffers). La primer tarea es modificar y extender el proyecto para hacer un **análisis** del impacto de estos parámetros en el tráfico de red.

Debido a que es la primera interacción con Omnet++, se provee una guía paso a paso, con *snippets* de código, que deberá ser complementada con el material de clases y consultas al manual de la herramienta[1].

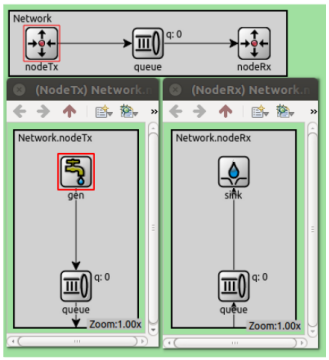
Modificaciones en network.ned

El nodo `Generator` y `Sink` pasarán a ser parte de módulos compuestos denominados `nodeTx` y `nodeRx`. Deberán contener un buffer de transmisión y recepción que se podrá instanciar con el módulo de cola existente.

```
module NodeTx
{
    parameters:
        @display("i=block/routing");
    gates:
        output out;
    submodules:
        gen: Generator {
            parameters:
                @display("p=75,50");
        }
        queue: Queue {
            parameters:
                @display("p=75,190");
        }
    connections:
        gen.out --> queue.in;
        queue.out --> out;
}
```

```
module NodeRx
{
    parameters:
        @display("i=block/routing");
    gates:
        input in;
    submodules:
        sink: Sink {
            parameters:
                @display("p=75,50");
        }
        queue: Queue {
            parameters:
                @display("p=75,190");
        }
    connections:
        in --> queue.in;
        //case study 1:
        //queue.out --> {  datarate = 0.5Mbps; } --> sink.in;
        //case study 2:
        queue.out --> {  datarate = 1Mbps; } --> sink.in;
}
```

```
network Network
{
    @display("bgl=2");
    submodules:
        nodeTx: NodeTx {
            @display("p=30,30");
        }
        queue: Queue {
            @display("p=130,30");
        }
        nodeRx: NodeRx {
            @display("p=230,30");
        }
    connections:
        nodeTx.out --> {  datarate = 1Mbps; delay = 100us; } --> queue.in;
        //case study 1:
        //queue.out --> {  datarate = 1Mbps; delay = 100us; } --> nodeRx.in;
        //case study 2:
        queue.out --> {  datarate = 0.5Mbps; delay = 100us; } --> nodeRx.in;
}
```



Las conexiones deberán configurarse con tasas y demoras de transmisión para dos casos de estudio específicos:

- Caso de estudio 1:
    - NodeTx a Queue: `datarate = 1 Mbps y delay = 100 us`
    - Queue a NodeRx: `datarate = 1 Mbps y delay = 100 us`
    - Queue a Sink: `datarate = 0.5 Mbps`
- Caso de estudio 2:
    - NodeTx a Queue: `datarate = 1 Mbps y delay = 100 us`
    - Queue a NodeRx: `datarate = 0.5 Mbps y delay = 100 us`
    - Queue a Sink: `datarate = 1 Mbps`

[1] Manual de Omnet++ disponible en https://omnetpp.org/doc/omnetpp/manual/

El módulo `gen` deberá tomar como parámetro el tamaño del paquete en Bytes (`packetByteSize`) que tendrá un valor de `12500 Bytes`. Los mismos serán generados en intervalos de tiempos exponenciales con media de `100 ms`.

Las `queue` serán limitados en tamaño de buffer (`bufferSize`), expresado en cantidad de paquetes. Se configurará con un valor máximo de `200`, salvo la cola del nodo transmisor que se dejará arbitrariamente alta[2].

```
sim-time-limit = 200s
Network.nodeTx.gen.generationInterval=exponential(0.1)
Network.nodeTx.gen.packetByteSize = 12500
Network.queue.bufferSize = 200
Network.nodeRx.queue.bufferSize = 200
Network.nodeTx.queue.bufferSize = 2000000
```

Modificaciones en clases de C++

Los objetos `cMessage` no tienen parámetros de tamaño en Bytes. Se deberá cambiar por objetos `cPacket` y configurar su tamaño en base al parámetro de configuración correspondiente.

```
// create new packet
cPacket *pkt;
pkt = new cPacket("packet");
pkt->setByteLength(par("packetByteSize"));
```

El tiempo de servicio de `Queue` deberá basarse en la duración de la transmisión del paquete una vez ya encolado (tiene en cuenta la tasa de datos configurada en la conexión).

```
// send
send(pkt, "out");
serviceTime = pkt->getDuration();
scheduleAt(simTime() + serviceTime, endServiceEvent);
```

Se deberá modificar el código de `Queue` para que controle que el tamaño del buffer no sobrepase el límite configurado. De estar lleno, el nuevo paquete se ignorará y se borrará.

```
// check buffer limit
if (buffer.getLength() >= par("bufferSize").longValue()) {
    // drop the packet
    delete msg;
    this->bubble("packet dropped");
    packetDropVector.record(1);
} else {
    // enqueue the packet
    buffer.insert(msg);
    bufferSizeVector.record(buffer.getLength());
    // if the server is idle
    if (!endServiceEvent->isScheduled()) {
        // start the service now
        scheduleAt(simTime() + 0, endServiceEvent);
    }
}
```

[2] El transmisor, en general, ya tiene en su memoria el contenido que desea transmitir, por lo que el tamaño de su buffer de salida no suele ser una limitante.

Se deberán agregar nuevas métricas para el análisis en `Queue`, una que mida la cantidad de paquetes en el buffer, y otra que mida la cantidad de paquetes descartados por buffer saturado.

```
cOutVector bufferSizeVector;
cOutVector packetDropVector;
```

Experimentos y Preguntas

Se deberá correr simulaciones paramétricas para cada caso de estudio, variando el intervalo de generación de paquetes (`generationInterval`) entre `0.1` y `1` en los pasos que el grupo crea adecuado para responder las preguntas planteadas.

Se **deberá** generar algunas gráficas representativas de la utilización de cada una de las 3 `queue` para los caso de estudios planteados.

Se **sugiere** crear una gráfica de carga transmitida (eje x) vs. carga recibida (eje y), ambas expresadas en paquetes por segundo (ver Figura 6-19 del libro Tanenbaum). En caso de que haya pérdidas de paquetes también se sugiere medir y comparar estadísticas de ese fenómeno.

Responda y justifique

1. ¿Qué diferencia observa entre el caso de estudio 1 y 2? ¿Cuál es la fuente limitante en cada uno? Investigue sobre la diferencia entre *control de flujo* y *control de congestión* (ver Figura 6-22 del libro Tanenbaum).

Tarea Diseño

La segunda tarea es diseñar un sistema de control de flujo y congestión (entre el destino y el generador) de manera que se evite la pérdida de datos por saturación de buffers. El grupo es libre de diseñar o inventar o elegir cualquier algoritmo o estrategia que deseen. ¡Sean creativos!

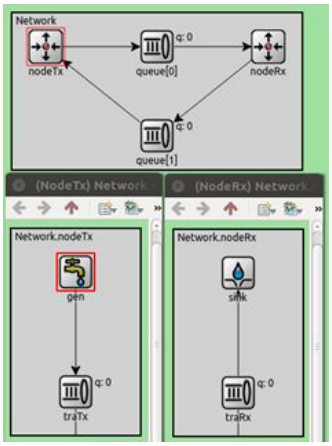
Modificaciones en network.ned

Se deberá agregar un canal de retorno desde el `nodeRx` al `nodeTx` para que el receptor pueda acusar información que regule la tasa de transmisión (*feedback*). Así, las `queues` evolucionarán a un nuevo módulo denominado `transportTx` y `transportRx`[3].

[3] Tener en cuenta que usando usando los operadores `$i` y `$o` se puede acceder a la entrada o salida independiente de una gate del tipo `inout`.

```
simple TransportTx
{
    parameters:
        int bufferSize;
        @display("i=block/queue;q=buffer");
    gates:
        input toApp;
        inout toOut;
}

simple TransportRx
{
    parameters:
        int bufferSize;
        @display("i=block/queue;q=buffer");
    gates:
        output toApp;
        inout toOut;
}
```



Modificaciones en clases de C++

La modificación más importante será generar las clases `TransportTx` y `TransportRx` en base a la clase existente `Queue`. `TransportRx` deberá ser capaz de enviar información sobre el estado de su buffer a `TransportTx` para que la ésta regule su flujo de transferencia.

Considere generar un nuevo tipo de paquete (usando la definición de paquetes `packet.msg`) donde pueda agregar campos necesarios para su protocolo como “tamaño de buffer actual”, “bajar velocidad de transmisión”, “transmitir siguiente paquete”, etc.

Puede usar la función `msg->setKind()` y `msg->getKind` para diferenciar entre paquetes que son de datos y paquetes de control (feedback). Por ejemplo, en `transportRx` se crea el feedback y se configura con el tipo 2:

```
// send feedback
FeedbackPkt* feedbackPkt = new FeedbackPkt();
feedbackPkt->setByteLength(20);
feedbackPkt->setKind(2);
feedbackPkt->setRemainingBuffer(par("bufferSize").longValue() - buffer.getLength());
send(feedbackPkt, "toOut$o");
```

Mientras que en transportTx se filtra por tipo de paquete recibido, si es 2, es de feedback:

```
// msg is a packet
if (msg->getKind() == 2) {
    // msg is a feedbackPkt
    FeedbackPkt* feedbackPkt = (FeedbackPkt*)msg;

    // Do something with the feedback info
    int remainingBuffer = feedbackPkt->getRemainingBuffer();
    // (...)

    delete (msg);

} else if (msg->getKind() == 0) {
    // msg is a data packet
```

Experimentos y Preguntas

Utilice los mismos parámetros de los experimentos de la tarea 1, genere las curvas necesarias, y responda:

1. ¿Cómo cree que se comporta su algoritmo de control de flujo y congestión[4]? ¿Funciona para el caso de estudio 1 y 2 por igual? ¿Por qué?

Requisitos del código a entregar

- El código debe ser claro y contener comentarios con detalles de lo que hicieron.
- Se solicita un informe en el que se presenten los análisis de los experimentos y las respuestas a las preguntas de cada tarea. El informe debe estar en escrito en texto plano o Markdown.
- Las entregas serán a través del repositorio Git provisto por la Facultad para la Cátedra, con **fecha límite el Martes 14 de Mayo de 2019**.

[4] En caso de implementar control de flujo y control en una sola estrategia, se recomienda evaluar el sistema con un tamaño de buffer de 100 paquetes en la queue conectando el transmisor y receptor. Este escenario permitirá estudiar el algoritmo con ambas funcionalidades operando simultáneamente.