

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA APLICADA
INF01154 - Redes de Computadores N

Introdução à Simulação de Redes

1. Objetivos

Apresentar uma ferramenta de simulação de redes de computadores, visando auxiliar o aluno no entendimento dos conceitos e na análise da dinâmica de operação destas redes. Este objetivo será alcançado através da observação dos vários eventos que ocorrem durante o processo de comunicação em redes de computadores. Eventos tais como a entrada de pacotes em filas de espera, que dificilmente podem ser observados em uma monitoração comum, poderão ser observados e analisados em conjunto com eventos comumente observados nas redes, tais como a transmissão e a recepção dos pacotes.

2. Revisão Teórica

2.1. Simulação de Redes

Atualmente está disseminado o uso de simuladores para a compreensão de diversos fenômenos nas mais variadas áreas da ciência. Este também é o caso da área das redes de computadores. Nesta área, as técnicas de simulação vêm sendo utilizadas para a compreensão dos fenômenos que ocorrem nas redes e na extração de métricas de avaliação de topologias e técnicas de comunicação.

Neste experimento será utilizado o simulador NS-2 (*Network Simulator*). Este simulador possui código aberto, o que possibilita que seja estendido. Além disso, tem sido largamente utilizado pela comunidade científica para a pesquisa e o ensino na área de redes.

2.2. O Simulador NS-2

O NS-2 consiste em um simulador orientado a eventos discretos, onde as características da rede são definidas através de uma descrição que utiliza comandos de um subconjunto da linguagem TCL. Como resultado da simulação, é gerado um arquivo de saída, denominado *trace*, onde estão registrados os eventos ocorridos durante o processo de simulação. Esta lista de eventos pode ser analisada, tanto para extração de métricas como para visualização do comportamento da rede simulada.

Para realizar um experimento com o NS-2, deve-se seguir os seguintes passos:

1. criação de um arquivo TCL que descreva a topologia e as características da rede sobre a qual a simulação será realizada;
2. execução do programa de simulação tendo como argumento de entrada o arquivo de descrição;
3. visualização e/ou análise dos resultados.

A figura 1 abaixo ilustra um exemplo de *script*. Este *script* descreve uma rede com 4 nodos, onde fluxos com cadência constante são enviados para um único nodo. Como todos os enlaces possuem a mesma capacidade e as taxas de dados geradas ultrapassam a capacidade do enlace de recepção, pode-se observar a formação de filas e o descarte de dados. Pode-se notar, também, que na descrição não aparecem apenas nodos de rede (máquinas ou equipamentos),

mas também os processos que geram e consomem dados (agentes), demonstrando as comunicações fim-a-fim (níveis de transporte e aplicação).

```
#Create a simulator object
set ns [new Simulator]

#Define different colors for data flows
$ns color 1 Blue
$ns color 2 Red

#Open the nam trace file
set nf [open out-ex2.nam w]
$ns namtrace-all $nf

#Define a 'finish' procedure
proc finish {} {
    global ns nf
    $ns flush-trace

    #Close the trace file
    close $nf

    #Execute nam on the trace file
    exit 0
}

#Create four nodes
set n0 [$ns node]
set n1 [$ns node]
set n2 [$ns node]
set n3 [$ns node]

#Create links between the nodes
$ns duplex-link $n0 $n2 1Mb 10ms DropTail
$ns duplex-link $n1 $n2 1Mb 10ms DropTail
$ns duplex-link $n3 $n2 1Mb 10ms SFQ
$ns duplex-link-op $n0 $n2 orient right-down
$ns duplex-link-op $n1 $n2 orient right-up
$ns duplex-link-op $n2 $n3 orient right

#Monitor the queue for the link between node 2 and node 3
$ns duplex-link-op $n2 $n3 queuePos 0.5

#Create a CBR agent and attach it to node n0
set cbr0 [new Agent/CBR]
$ns attach-agent $n0 $cbr0
$cbr0 set packetSize_ 500
$cbr0 set interval_ 0.005
$cbr0 set fid_ 1

#Create a CBR agent and attach it to node n1
set cbr1 [new Agent/CBR]
$ns attach-agent $n1 $cbr1
$cbr1 set packetSize_ 500
$cbr1 set interval_ 0.005
$cbr1 set fid_ 2
```

```

#Create a Null agent (a traffic sink) and attach it to node n3
set null0 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n3 $null0

#Connect the traffic sources with the traffic sink
$ns connect $cbr0 $null0
$ns connect $cbr1 $null0

#Schedule events for the CBR agents
$ns at 0.5 "$cbr0 start"
$ns at 1.0 "$cbr1 start"
$ns at 4.0 "$cbr1 stop"
$ns at 4.5 "$cbr0 stop"

#Call the finish procedure after 5 seconds of simulation time
$ns at 5.0 "finish"

#Run the simulation
$ns run

```

Fig. 1 - Exemplo de *script* TCL

Não é necessário considerar o endereçamento real (IP, MAC, etc.), pois o propósito do simulador não é o de avaliar se a numeração e a configuração dos parâmetros de rede estão corretas. O objetivo do simulador é possibilitar a observação do funcionamento da rede simulada.

Após a execução é gerado um arquivo de *trace*, que pode ser tratado *offline* por outras ferramentas. Uma delas é o NAM (*Network Animator*), que permite visualizar os fluxos de dados que trafegam nos enlaces e a ocupação das filas entre outros fenômenos que ocorrem na rede. O arquivo de *trace* é um arquivo texto. Assim, pode ser tratado através de programas específicos desenvolvidos pelos usuários, tais como *scripts* que permitam a pesquisa e identificação dos parâmetros de interesse (ex: *scripts* perl), ou mesmo através de ferramentas prontas para este tipo de análise (planilhas Excel, sistemas de bancos de dados, etc.).

O formato do arquivo *trace* descreve os eventos ocorridos na simulação, o tempo de ocorrência, a identificação do pacote, entre outros valores, conforme o formato apresentado na figura 2. Os principais eventos registrados são:

- r: recepção de pacote;
- +: pacote foi colocado na fila;
- -: pacote foi retirado da fila;
- h: pacote passa por um ponto intermediário (*hop*);
- d: pacote é descartado.

```

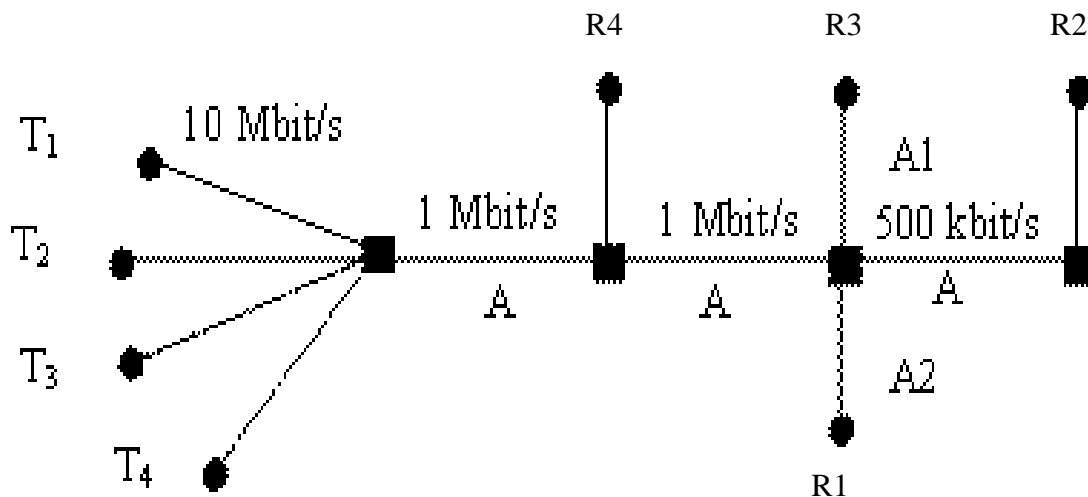
#evento tempo(s) nodosrc nododst tipo tamanho(bytes) flags
#fid(flow id) endscr enddst seq id_pacote
r 1.3556 0 2 tcp 30 ----- 1 0.0 3.0 29 19

```

Fig. 2 - Formato do arquivo de *trace*

3. Atividades

- Instale o simulador NS-2 e execute a simulação apresentada na figura 1. Na sequência, visualize os resultados no NAM (Network Animator). Por fim, Altere a figura para gerar o arquivo ".tr" e processe o arquivo de trace gerado, determinando a **taxa de perda** de cada um dos fluxos.
- Crie uma topologia com quatro nós A, B, C e D em linha, ligados por três enlaces (de 10Mbits, 1Mbit e 10Mbits de banda, respectivamente). Crie um emissor TCP em A e um receptor TCP em D, e faça uma transmissão de A para D, começando em 0.1 segundo e terminando em 3 segundos. Varie o tamanho da fila no nó B (10 e 30 lugares). Varie o tamanho da janela do transmissor (20 e 40 pacotes). Faça um **gráfico com o número de pacotes descartados versus o tempo para os quatro casos**. Utilize atraso de 5ms em todos os nós. **Opcionalmente**, varie o atraso e veja os resultados.
- Montar a topologia mostrada na figura no NS. O relatório deve possuir imagens da tela do simulador E gráficos de resultado. As explicações devem ser baseadas nas imagens capturadas do aplicativo.



Deve-se efetuar os seguintes testes, cada um deles com a verificação dos resultados e geração do gráfico correspondente. Utilizar, para todos atrasos, 10ms. Onde não tem indicação utilizar banda = 10Mbit/s. Utilizar um tempo mínimo de 15s.

- Inserir conexões TCP: T1 com R1; T2 com R2; T3 com R3; Gerar gráficos de banda para as três conexões. Explique se houve ou não equidade de tráfego e porquê.
- Adicionar uma conexão UDP de 300 kbit/s entre T4 e R4: gráfico para as quatro conexões. Explique o que mudou e porquê.