

Universidade do Minho
UC: Qualidade de Serviço em Redes IP
TP 4: Estudo de QoS e Mecanismos de Controlo de Tráfego em redes IP
Ano Lectivo 2022/2023 — MEI / MIEI — 2º Sem

Trabalho Introdutório

Como fase preliminar do trabalho, espera-se que cada grupo de trabalho instale o NS-2

Verifique http://nslam.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page, para obter informações genéricas sobre o NS-2.

Após a instalação do ns-2, os alunos devem realizar testes básicos de funcionalidade para garantir que o simulador esteja funcionando correctamente. Esses testes podem usar arquivos .tcl de exemplo disponíveis nas fontes do NS-2 (por exemplo, consulte http://nile.wpi.edu/NS/simple_ns.html).

Objectivos

Estudo comparativo de mecanismos de controle de tráfego em redes IP e parametrização correspondente, utilizando o Network Simulator NS-2.

Topologia

A topologia de rede a ser usada como plataforma de teste é ilustrada na Figura 1. A topologia de rede inclui seis clientes (de Cli1 a Cli6), dois *routers* de *edge* (E1 e E2) e um *router* de *core* (C0). As ligações de acesso dos clientes têm capacidade de 5 Mbps e atraso de 5 ms.

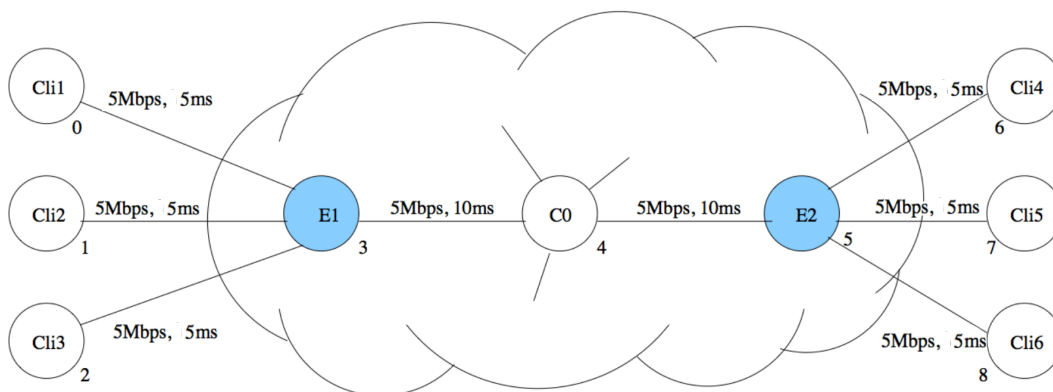


Figura 1: *ISP network topology*

Os scripts *qos*.tcl* disponíveis na plataforma de e-learning da UMinho incluem todos os comandos TCL necessários para implementar a topologia descrita acima usando o NS-2.

A topologia é deliberadamente simétrica para simplificar a análise de tráfego. Na maioria dos casos, basta analisar os fluxos num dos sentidos, embora exista sempre a possibilidade de analisar os fluxos de ambos.

Como a topologia evidencia, se todos os clientes usarem a capacidade do link simultaneamente, ocorrerá um congestionamento no *backbone* da rede e o fornecedor de serviços não poderá garantir a entrega adequada do tráfego. Para minimizar ou resolver esse efeito, espera-se que o ISP implemente mecanismos de controle de tráfego para promover a Qualidade de Serviço (QoS) no domínio.

Aplicações / Serviços disponíveis

- CBR sobre UDP - gera tráfego de taxa de bits constante (CBR) sobre UDP; isso pode corresponder à transmissão de tráfego de áudio ou vídeo a uma taxa regular/periódica.

Parâmetros: *rate* (bits/sec) e *packet size* (Bytes);

- FTP - Transferência de arquivos grandes por TCP;
- HTTP - Transferência de páginas da web de tamanho limitado sobre TCP; a transferência é organizada em sessões e pode ocorrer mais do que uma transferência de página por sessão;
- Voz sobre UDP - simula uma chamada de voz por UDP; esse tráfego é caracterizado por ter uma taxa constante, alternando entre os períodos de conversação e silêncio.

Parâmetros : *rate* (bits/sec) e *burst size* (em segundos).

Ferramentas e métricas de avaliação

Métricas a serem usadas nas simulações:

- *Loss rate* (total e por fluxo), em pacotes/sec
- *Bandwidth* em uso (total e por fluxo), em bits/sec

Os scripts *awk*: *loss.awk* e *bw.awk* permitem extrair os dados necessários do arquivo de saída *out.tr* (gerado por ns) para visualizar ambas métricas.

Leia o manual do NS ou outra documentação (por exemplo, <http://nile.wpi.edu/NS/analysis.html>) para se familiarizar com o formato ns e com a maneira de extrair dados dele (por exemplo, usando scripts *awk*).

Um possível uso dos scripts mencionados acima é o seguinte (em caso de erro, tente usar o **gawk**):

```
$ grep "^d" out.tr | awk -f loss.awk
$ xgraph loss*.gr
```

```
$ grep "^r" out.tr | awk -f bw.awk
$ xgraph bw*.gr
```

Os scripts geram vários arquivos com extensão *.gr*, nomeadamente: um arquivo com o total de resultados e outros arquivos com os resultados parciais para cada fluxo identificado. Os fluxos são identificados através do par de valores: *node.port* da origem e *node.port* do destino, por exemplo, *loss.gr* e *loss.0.0-8.0.gr*.

Outras métricas importantes de QoS são atraso e *jitter*, no entanto, elas não serão analisadas nesta fase.

Best-Effort

Por padrão, os *routers* manipulam pacotes com base em um sistema de filas FIFO simples, tentando encaminhá-los da melhor maneira possível, de acordo com os recursos disponíveis (memória e CPU). Esse modelo conhecido é chamado de *Best-Effort*, pois não há garantias de QoS na entrega de pacotes (em termos de atrasos, perda e/ou utilização da largura de banda). Copie o *script* em *qos0.tcl* da área do curso no sistema de e-learning para a sua área de trabalho local e execute a simulação. Para se familiarizar com o cenário de simulação, considere clientes semelhantes aos aplicativos CBR, gerando a cada um uma taxa de 3 Mbps, para um total de seis fluxos (0->8, 1->7, 2->6, 8->0, 7->1, 6->2).

A. Responda às seguintes perguntas:

A.1 Identifique os links em congestão.

A.2 Usando os *scripts* *loss.awk* e *bw.awk*, obtenha os gráficos que ilustram os níveis de perda e utilização da largura de banda ao longo do tempo.

Agora, altere as filas associadas aos links em congestionamento de **DropTail** para **RED** e obtenha os resultados e gráficos correspondentes. Comente os resultados.

Em um cenário mais realista, seria de esperar tráfego UDP e TCP com outras características (FTP, HTTP, etc.).

Utilizando os procedimentos já incluídos no *script* de simulação, altere-os para obter o seguinte cenário:

- uma aplicação CBR enviando 3 Mbps do cliente 1 para o cliente 6 e outro do cliente 6 para o cliente 1;
- uma conexão FTP do cliente 2 para o cliente 5 e outra do cliente 4 para o cliente 2;
- a conexão de voz sobre UDP do cliente 3 para o cliente 4 e vice-versa.

B. Obtenha os resultados e gráficos que podem ser úteis para análise, a fim de responder às seguintes perguntas:

B.1 Identifique quais são as aplicações são mais afetadas pelo congestionamento? e porquê?

Differentiated Services

O modelo de Differentiated Services (DiffServ) baseia-se em um código específico inserido no campo Tipo de Serviço (IPv4) ou Classe de Tráfego (IPv6) dos cabeçalhos de pacotes IP, marcando-os como consequência de um processo de classificação anterior. Cada código, chamado *Diffserv Codepoint* ou DSCP, permite identificar pacotes como pertencentes a uma classe de serviço específica. Sem a capacidade de fornecer garantias explícitas de QoS, os *routers* DiffServ na rede tratam cada pacote de acordo com a classe a que pertencem. Observe que o tratamento que cada nó dá a uma classe de tráfego deve ser consistente com o que os outros *routers* fornecem no domínio DiffServ.

Num *router*, os pacotes são armazenados temporariamente em filas (filas físicas e/ou virtuais) antes que o encaminhamento de pacotes ocorra. Isso coloca duas perguntas:

- como são geridos os pacotes dentro de uma fila?
- como controlar o agendamento de pacotes entre várias filas?

Por defeito, a disciplina de filas mais usada é FIFO (primeiro a entrar, primeiro a sair), ou seja, os pacotes são colocados na fila por ordem de chegada, sendo descartados quando a fila está cheia (geralmente designada como *DropTail*). Isso corresponde basicamente à ausência de uma técnica do Active Queue Management (AQM) na configuração dos *routers*. Lembre-se de que as técnicas de AQM, como RED e RIO, pretendem ser pró-activas, descartando pacotes selectivamente antes que as filas transbordem, a fim de evitar congestionamentos. Por exemplo, o RED (*Random Early Detection*) considera dois limites na fila sobre a qual os pacotes são descartados aleatoriamente com probabilidades distintas (configuráveis).

Na presença de várias filas, um agendador de pacotes adequado precisa ser implementado. O simulador de rede NS-2 suporta vários agendadores de tráfego, a saber:

RR (Round Robin), WRR (Weighted Round Robin), WIRR (Weighted Interleaved Round Robin) e PRI (Priority Scheduler). Por favor, verifique o manual do NS para obter detalhes operacionais.

Copie o *script qos1.tcl* da plataforma de e-learning para sua área de trabalho pessoal.

C. Responda às seguintes questões:

C.1 Com base no código do *script* e no manual, e para o link E1 - C0 (ou C0 - E2), identifique:

- o número de filas existentes e o agendador de tráfego em uso;
- a disciplina de filas em uso e a configuração de cada fila;
- a quantidade de memória alocada para as filas;
- as filas que manipulam fluxos de dados;

C.2 Considerando os resultados/estatísticas da simulação, identifique a fila que sofre maior perda de pacotes. Tente justificar esse comportamento.

C.3 Gere os gráficos que reflitam a perda de pacotes e a utilização da largura de banda ao longo do tempo. Comente os resultados quando comparado ao cenário de melhor esforço e explique as diferenças.

C.4 Suponha que o fornecedor de serviços pretenda implementar a seguinte política:

- Para garantir 30% de capacidade para clientes com características idênticas (a capacidade total pode ser usada se disponível).
- O tráfego que excede a taxa negociada deve ser reclassificado, ou seja, encaminhado com prioridade mais baixa.

Espera-se que os alunos proponham e justifiquem uma solução concreta para implementar essa política, usando mecanismos de controle de tráfego adequados disponíveis no NS-2. Inclua resultados de simulação ilustrativos e discuta os prós e contras da solução proposta da perspectiva do provedor de serviços.

Notas

- Duração prevista: 2 aulas PL de acordo com o calendário da UC.
- A ser concluído até 20 de abril de 2022.
- Formato: LNCS.