

Universidade do Minho
Licenciatura em Engenharia Informática

Redes de Computadores

TP4: Protocolo IPv4 (Parte I)

Datagramas IP e Fragmentação

1. Objectivos

O principal objectivo deste trabalho é o estudo do *Internet Protocol* (IP) nas suas principais vertentes, nomeadamente: (i) estudo do formato de um pacote ou datagrama IP; (ii) endereçamento IP; (iii) encaminhamento IP; e (iv) fragmentação de pacotes IP.

Na primeira parte deste estudo é realizado o registo de datagramas IP enviados e recebidos através da execução do programa *traceroute*. São analisados os vários campos de um datagrama IP e detalhado o processo de fragmentação realizado pelo IP.

Recomenda-se a leitura da bibliografia aconselhada, sobretudo aos alunos que estiveram ausentes na aula teórica sobre esta matéria.

2. Captura de tráfego IP

Com o objectivo de obter um registo de tráfego IP, pretende-se usar o programa *traceroute* para descobrir uma rota IP, enviando pacotes de diferentes tamanhos para um determinado destino X.

O comando *traceroute* permite descobrir a rota (salto-a-salto) desde uma origem IP até um determinado destino IP, tirando partido da escolha de valores adequados para o "tempo-de-vida" indicado no cabeçalho IP dos datagramas enviados. O *traceroute* opera da seguinte forma: inicialmente, é enviado um ou mais datagramas com o campo TTL (*Time-To-Live*) igual 1; seguidamente, é enviado um ou mais datagramas com o TTL a 2; depois com o TTL a 3; e assim sucessivamente. Todos os pacotes são enviados para o mesmo destino que é especificado no comando *traceroute*.

Recorda-se que cada *router* no percurso até ao destino deve decrementar de 1 o TTL de cada datagrama recebido¹. Se o TTL atinge o valor 0, o *router* descarta o datagrama e devolve uma mensagem de controlo ICMP (*Internet Control Message Protocol*) ao *host* de origem, indicando que o TTL foi excedido (ICMP Type=11 - *TTL exceeded*). Como resultado deste comportamento, o *datagrama* com o TTL=1 (enviado pelo *host* que executa o *traceroute*) faz com que o *router* a um salto de distância envie uma mensagem ICMP para a origem. O datagrama com TTL=2 provoca esse comportamento no *router* a 2 saltos de distância e assim sucessivamente.

Desta forma, um *host* que execute o comando *traceroute* pode obter a identificação dos *routers* no percurso para o destino X, extraíndo o endereço IP fonte dos datagramas que contenham mensagens ICMP do tipo TTL excedido.

¹ O RFC 791 diz que um *router* deve decrementar o TTL de pelo menos uma unidade.

1. Prepare uma topologia CORE para verificar o comportamento do *traceroute*. Ligue uma máquina cliente n1 a um *router* n2; o *router* n2 a um *router* n3 que, por sua vez, se liga ao servidor n4.
 - a. Active o *wireshark* ou o *tcpdump* no nó 1. Numa *shell* de n1, execute o comando *traceroute -I* para o endereço IP do servidor.
 - b. Registe e analise o tráfego ICMP enviado por n1 e o tráfego ICMP recebido como resposta. Comente os resultados face ao comportamento esperado.
 - c. Qual deve ser o valor inicial mínimo do campo TTL para alcançar o destino n4? Qual o tempo médio de ida-e-volta (RTT - round-trip time)?
2. Pretende-se agora usar o *traceroute* na sua máquina nativa, e gerar de datagramas IP de diferentes tamanhos.

Windows. O programa *tracert* disponibilizado no Windows não permite mudar o tamanho das mensagens. Como alternativa, o programa *pingplotter* na sua versão livre ou *shareware* (<http://www.pingplotter.com>) permite maior flexibilidade para efetuar *traceroute*. Descarregue, instale e experimente o *pingplotter* face ao objectivo pretendido.

O tamanho da mensagem enviada (ICMP *Echo Request*) pode ser estabelecido no *pingplotter* no menu Edit-> Options->Packet. Uma vez enviado um conjunto de pacotes com valores crescentes de TTL, o programa recomeça com TTL=1, após um determinado intervalo. Quer o valor do intervalo de tempo como o número de intervalos podem ser configurados.

Linux/Unix. O comando *traceroute* permite indicar o tamanho do pacote ICMP (opção *-I*) através da linha de comando, a seguir ao *host* de destino (ver *man traceroute*).

Exemplo: `%traceroute -I router-di.uminho.pt 2500`

Na impossibilidade de efetuar a captura de tráfego *traceroute* deverá usar um *trace* previamente capturado e disponibilizado pelo docente.

Como tem sido recomendado, documente as suas respostas com a impressão do(s) pacote(s) que as suportam. Para esse feito use File->Print, selecione *packet only*, e coloque o mínimo de detalhe suficiente para responder a pergunta e identificar o seu computador.

Procedimento:

Usando o *wireshark* capture o tráfego gerado pelo *traceroute* para os seguintes tamanhos de pacote: por defeito e 3000 bytes. Utilize como máquina destino o *host* router-di.uminho.pt.

Com base no tráfego capturado, identifique os pedidos ICMP *Echo Request* e o conjunto de mensagens devolvidas em resposta a esses pedidos.

Selecione a primeira mensagem ICMP capturada e centre a análise no nível IP (expandir a *tab* correspondente na janela de detalhe do *wireshark*). Através da análise do cabeçalho IP diga:

- a. Qual é o endereço IP da interface ativa do seu computador?
- b. Qual é o valor do campo protocolo? O que identifica?
- c. Quantos *bytes* tem o cabeçalho IP(v4)? Quantos *bytes* tem o campo de dados (*payload*) do datagrama? Como se calcula o tamanho do *payload*?

- d. O datagrama IP foi fragmentado? Justifique.
 - e. Ordene os pacotes capturados de acordo com o endereço IP fonte (e.g., selecionando o cabeçalho da coluna *Source*), e analise a sequência de tráfego ICMP com base no IP gerado na sua máquina. Que campos do datagrama IP mudam sempre na série de mensagens ICMP enviadas pelo seu computador?
 - f. Que campos se mantêm constantes? Que campos se devem manter, preferencialmente, constantes? Porquê?
 - g. Observa algum padrão nos valores do campo de Identificação do datagrama IP?
 - h. A seguir (com os pacotes ordenados por endereço destino) encontre a série de respostas ICMP TTL *exceeded* enviadas ao seu computador pelo primeiro router. Qual é o valor dos campos Identificação e TTL?
 - i. Esses valores permanecem constantes para todas as mensagens de resposta ICMP TTL *exceeded* enviados pelo primeiro *router* ao seu *host*? Porquê?
3. Pretende-se agora analisar a fragmentação de pacotes IP. Reponha a ordem do tráfego capturado usando a coluna do tempo de captura.
- a. Localize a primeira mensagem ICMP depois do tamanho de pacote ter sido definido em 3000 *bytes*. A mensagem foi fragmentada? Porque é que houve (ou não) necessidade de o fazer?
 - b. Imprima o primeiro fragmento do datagrama IP segmentado. Que informação no cabeçalho indica que o datagrama foi fragmentado? Que informação no cabeçalho IP indica se trata do primeiro fragmento? Qual é o tamanho deste datagrama IP?
 - c. Imprima o segundo fragmento do datagrama IP original. Que informação do cabeçalho IP indica que não se trata do 1º fragmento? Há mais fragmentos? O que nos permite afirmar isso?
 - d. Quantos fragmentos foram criados a partir do datagrama original? Como se detecta o último fragmento correspondente ao datagrama original?
 - e. Indique, resumindo, os campos que mudam no cabeçalho IP entre os diferentes fragmentos, e verifique a forma como essa informação permite reconstruir o datagrama original.

(Fim da Parte I)

Bibliografia

Internetworking - Protocolo IP (Notas de Apoio das Aulas Teóricas)

traceroute: <http://tools.ietf.org/html/rfc2151> (secção 3.4)

Internet Protocol (IP): <http://tools.ietf.org/html/rfc791>

Internet Message Control Protocol (ICMP): <http://tools.ietf.org/html/rfc792>

Créditos: Parte deste trabalho é baseado no Wireshark Lab 802.11 [J. Kurose e K. Ross].