Sumário

- Protocolo datagrama (UDP).
- Protocolo orientado à ligação (TCP).
- Encaminhamento.

User Datagram Protocol

- Cabeçalho adicional ao IP, que permite distinguir diferentes processos numa única máquina.
- Cada "entidade" é identificada na máquina por um porto.
- Cabeçalho UDP:

  Porto de origem, porto de destino, comprimento (incluindo o cabeçalho) e checksum (16 dígitos) do pacote.

UDP Pseudo-Header

- O endereço IP de origem e destino não fazem parte do pacote UDP.

  Porque já estão contidos no pacote IP.

- No entanto, para confirmar que estes valores não são adulterados no caminho o UDP calcula o cheksum de:

  Dados + cabeçalho UDP (checksum a zero) + pseudo-cabeçalho.

- Pseudo-cabeçalho.

  Endereços IP + protocolo e comprimento.

  Não é muito modular mas é eficiente.

Portos UDP reservados

- Existem portos que estão reservados para diversas aplicações comuns.
- Tipos de serviços:

  Eco, lista utilizadores, devolve a hora, SUN RPC, NTP (Serviço de Sincronização de Relógios).

TCP: Transmission Control Protocol

- Circuito virtual.
- Sequênciação de pacotes.
- Aglomeração automática de dados.
- Ligação full-duplex.
- Controlo de fluxo.

TCP: Fiabilidade e controlo de fluxo

- Fiabilidade baseada na recepção de confirmações.

  Cada pacote é numerado e a confirmação identifica o pacote.

- Controlo de fluxo end-to-end baseado em janelas deslizantes.

  Indica qual o espaço disponível no receptor.

TCP: Endereços

- Ponto de acesso TCP.

  Par: (endereço do nó, porto).

- Ligação.

  Identificada por um par de pontos de acesso.

- Várias ligações podem partilhar um mesmo porto numa dada máquina.

  Deste modo um servidor pode comunicar com diversos clientes, exportando um único porto.

TCP: Abertura passiva e activa

- Abertura passiva.

  Um participante demonstra disponibilidade para estabelecer ligações.

- Abertura activa.

  Um participante tenta estabelecer uma ligação com outro participante disponível.

TCP: Segmento e números de sequência

- O fluxo de informação é dividido em segmentos.
- Tipicamente, um segmento é enviado num único pacote IP.
- A cada segmento indica qual o octeto em que começa.
- Cada participante mantém o seguinte registo:

  O último octeto enviado e confirmado; o último octeto enviado mas não confirmado; o octeto para o qual o receptor aínda têm memória.

TCP: Janela deslizante

- O tamanho da janela vai variando no tempo.

  Se o receptor têm pouca memória, aumenta pouco a janela.

  Se não têm memória, mantém a janela fechada.
- Uma janela fechada permite aínda enviar tráfego expedito.
- O emissor periódicamente verifica se a janela já abriu.

  Para recuperar de perda de confirmações que tenham aberto a janela.

Cabeçalho TCP

<table>
<tr><td colspan="3">Porto Origem</td><td colspan="2">Porto Destino</td></tr>
<tr><td colspan="5">Número de sequência</td></tr>
<tr><td colspan="5">Número de sequência (confirmação)</td></tr>
<tr><td>Comp</td><td>Reserv.</td><td>Código</td><td colspan="2">Janela</td></tr>
<tr><td colspan="3">Checksum</td><td colspan="2">Ponteiro urgente</td></tr>
<tr><td colspan="4">Opções</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">Dados</td></tr>
<tr><td colspan="5">...</td></tr>
</table>

Cabeçalho TCP

- Número de sequência: *octeto inicial.*
- Confirmação: *octeto recebido + 1.*
- Comprimento do cabeçalho: *opções de tamanho variável.*
- Código: *URG (ponteiro urgente válido); ACK (confirmação válida); PSH (push); RST (reset); SYN (sincronizar); FIN (último pacote).*
- Ponteiro urgente: *posição onde estão os dados urgentes.*
- Nota: o comprimento vai no cabeçalho IP.

TCP: Cálculo do checksum

- Tal como no UDP o checksum é feito utilizando um pseudo-cabeçalho que tem:

  Ligação (endereço de origem e destino) e comprimento do pacote.

SDAI (Aula 18) TCP/IP

TCP: Retransmissão

- O protocolo TCP/IP têm desvantagens.
- A confirmação indica qual o octeto recebido em ordem.

  Outros podem ter sido recebidos mas falta um pacote intermédio.

- O emissor deve re-transmitir tudo outra vez (má utilização dos recursos) ou esperar por confirmações (perca de tempo).

©Luís E. T. Rodrigues, 1996

SDAI (Aula 18) TCP/IP

TCP: Temporizadores

- Manter uma aproximação da latência tendo por base o tempo que demoram a chegar confirmações.
- Ir ajustando o tempo dos temporizadores em função deste valor.

$$RTT = (\alpha RTT_{old} + (1-\alpha) * RTT_{new} \quad \text{Timeout} = \beta RTT$$

- Problema: como emparelhar a confirmação com a transmissão (no caso de re-transmissão).

  Só contabilizar pacotes transmitidos uma vez.

- Backoff: *aumentar o timeout quando é necessário retransmitir.*

©Luís E. T. Rodrigues, 1996

SDAI (Aula 18) TCP/IP

TCP: Estabelecimento de uma ligação

- Protocolo com três mensagens:

  Pacote com dígito SYN activado.

  Pacote de confirmação também com o dígito SYN activado.

  Pacote de confirmação da confirmação.

- Permite negociar o número de sequência inicial.

  Para distinguir diferentes instanciações da mesma ligação.

©Luís E. T. Rodrigues, 1996

TCP: Fecho da ligação

- Protocolo com quatro pacotes:

  Pacote com dígito FIN activado e confirmação em ambos os sentidos.

  O segundo FIN só é enviado após confirmação da aplicação (garante que esta consumiu os pacotes)

TCP: Propagação imediata

- Operação de "push" permite enviar os dados antes que o segmento escolhido fique completo.
- Permite obter menor latência.
- Também usado quando não se quer enviar mais nada antes de receber alguma informação em resposta.

Encaminhamento

- Tentar evitar que todos os encaminhadores tenham informação acerca de todas as redes do sistema.

  Se possível, realizar o encaminhamento com informação parcial.

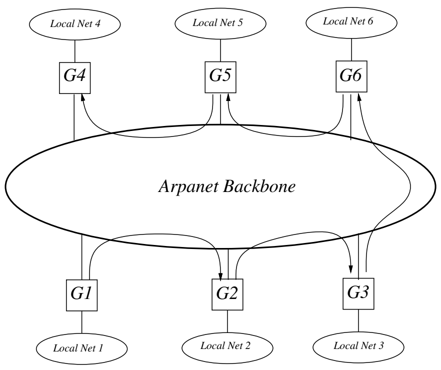
- Sistema inicial: *tabelas de encaminhamento geridas manualmente.*
- Sistema seguinte: hierarquico.

  Encaminhadores nucleares (geridas pela administração) e encaminhadores não-nucleares (geridos por grupos individuais).

Um único backbone

- Situação da ARPANET original.
- Uma única entrada por omissão gerava encaminhamentos pouco eficientes.

Encaminhamento por omissão



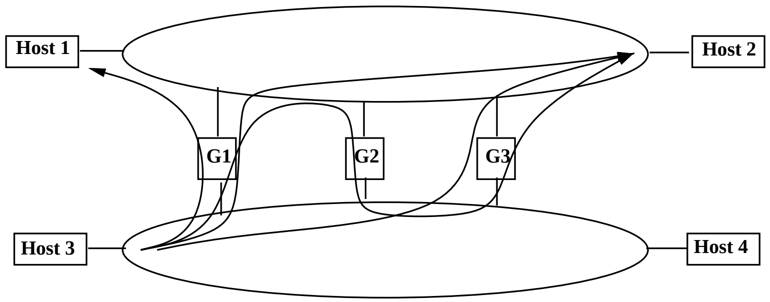
Encaminhadores cooperativos

- Os encaminhadores privados enviam os pacotes não locais para um encaminhador nuclear (por omissão).
- Os encaminhadores nucleares trocam informação para saber quais o caminhos mais eficientes.

Problema: como manter a informação dos encaminhadores nucleares coerente?

Como manter a escalabilidade do sistema.

Encaminhamento com vários backbones



Propagação de informação

- Cada encaminhador mantém uma tabela de indica, para cada rede, qual a distância e qual o caminho.
- A informação é trocada periodicamente.

Cada encaminhador distribui a sua tabela para outros encaminhadores.

Vector Distance Routing

Na gateway K

Net 1	0	-
Net 2	0	-
Net 4	8	L
Net 17	5	M
Net 24	6	J
Net 30	2	Q
Net 42	2	J

+

Vindo de J

Net 1	2
Net 4	3
Net 17	6
Net 21	4
Net 24	5
Net 30	10
Net 42	3

=

Na gateway K

Net 1	0	-
Net 2	0	-
Net 4	4	J
Net 17	5	M
Net 21	5	J
Net 24	6	J
Net 30	2	Q
Net 42	4	J

GGP: Gateway-To-Gateway Protocol

- Protocolo tipo "vector distance" usado originalmente.

  Já não se usa hoje em dia.

- Os encaminhadores trocavam pacotes com o conteúdo das suas tabelas, usando pacotes IP.

  Entre encaminhadores adjacentes (entrega fiável através de confirmações positivas).

- A distância era medida em hops (número de encaminhadores no caminho).

  Alguns encaminhadores podiam incrementar os hops artificialmente para indicar um elo muito lento.

Problema do GGP

- A informação demora muito a ser propagada pela rede.
- Os pacotes tedem a ter uma tamanho muito grande.

  Aumenta linearmente com o número de redes ligadas.

Link-State Routing

- Encaminhamento baseado no estado das ligações.
- Ideia chave: cada encaminhador conhece a topologia completa da rede.
- Cada encaminhador apenas verifica se consegue comunicar com os seus vizinhos.

Link-State Routing (cont.)

- Esta informação é propagada na rede para todos os outros encaminhadores.

  Através de difusão (lógica).

- Com base nesta informação cada encaminhador calcula um caminho.

  Por exemplo, usando o algoritmo de Dijkstra para encontrar o caminho mais curto.

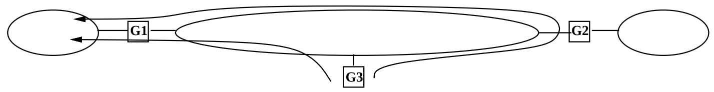
Vantagens do link-state

- A informação que é necessário propagar é pequena.
- A informação não é alterada à medida que é propagada.
- Cada encaminhador calcula os melhores caminhos isoladamente.

  Uma variante deste algoritmo substituio o GGP a partir de 1988.

Problema do hop adicional

Um encaminhador não-nuclear, não tendo informação acerca dos caminhos, pode escolher o "pior" encaminhador como encaminhador por omissão.



Desejável

- Ter uma maneira de fornecer informação de encaminhamento a encaminhadores não-nucleares.
- Ter uma maneira de fornecer aos encaminhadores nucleares informação acerca das redes "escondidas" por outros encaminhadores.

Resumo

- UDP:

  Formato dos pacotes.

- TCP/IP:

  Formato, controlo de fluxo, controlo da congestão.

- Encaminhamento.

  Encaminhadores nucleares e não nucleares. Baseado em vectorização. Baseados no estado das ligações.