Tráfego e Medidas em Redes IP

FEUP/MRSC/AMSR
MPR

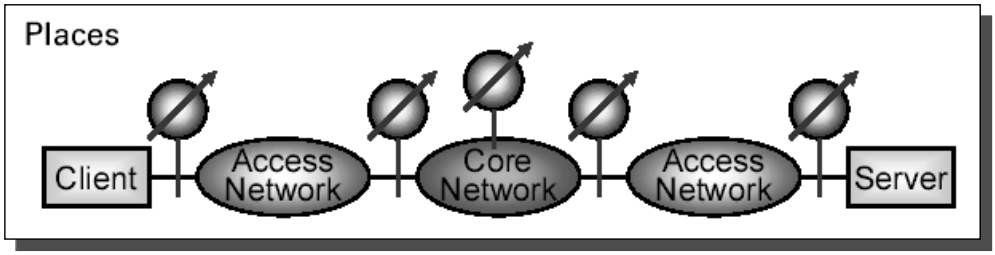
Bibliografia

» Aula preparada com base nos seguintes documentos

- Joachim Charzinski, “Internet Traffic Measurement and Modelling – Tutorial”
- Sean McCreary, Caida, “ Internet Measurement – Metrics and Methodologies”
- Caida Metrics Working Group, “Network Measurement FAQ”
- V. Paxson, G. Almes, J. Mahdavi, M. Mathis, “Framework for IP Performance Metrics”, IETF RFC 2330
- ITU-T Rec. I.380, “Internet Protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters”
- Joseph Sloan, “Network Troubleshooting Tools”, O’Reilly

Medidas Activas e Passivas na Internet

- Métodos Passivos
  - » Observação do tráfego. Medidas sobre tráfego real
  - » Traços de pacotes: pré-processados, avaliados off -line
  - » Leitura cíclica de contadores
- Métodos Activos
  - » Geração de tráfego de teste. Detecção desse tráfego
  - » Medidas sobre tráfego gerado e detectado
  - » Testes de rede e de aplicação



Fontes de Informação

- » Logs de pacotes
  - – Ex. pcaplib, tcpdump
- » Logs de fluxos
  - – Por ligaçao TCP ou outros fluxos
- » Dados pré-processados, contadores
  - – Valores médios
- » Logs de acesso
  - – Registos por sessão
- » Tráfego de teste
  - – Medidas de atrasos, perda de pacotes, débitos,
  - – desempenho de aplicações

Algumas Ferramentas

» Traço de pacotes
  – Tcpdump (Paxson)
  – Ethereal

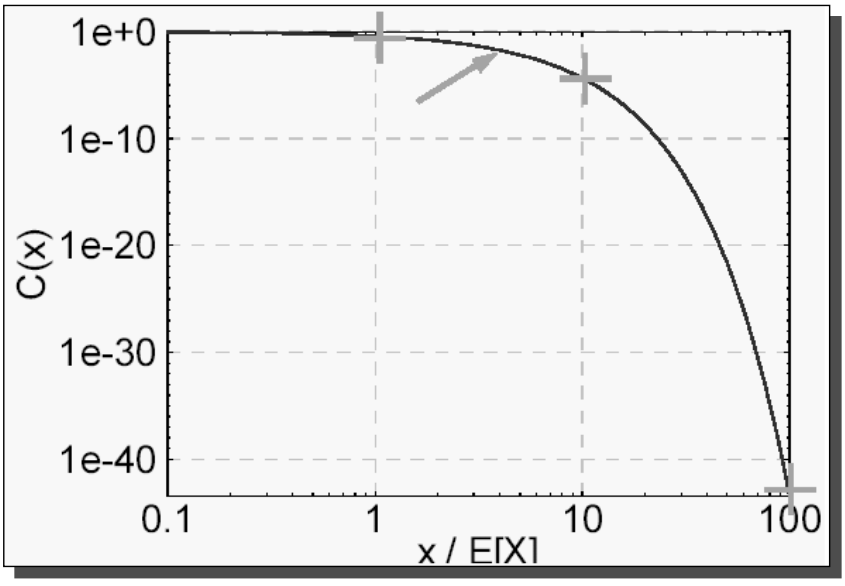
» Detecção de fluxos
  – OC3mon, CoralReef (www.caida.org)
  – NeTraMet (IETF RTFM)
  – Tcpanaly (Paxson)

» Ferramentas de teste activo
  – http://www.ncne.nlanr.net/nimi

» Ferramentas de gestão de redes
  – SNMP→ obtenção de valores de contadores de rede
  – Sondas RMON

Apresentação de Resultados

» Função distribuição de probabilidade $F_X(x) = P(X \le x)$
» Função de distribuição complementar $F_X^C(x) = P(X > x) = 1 - F_X(x)$
  – Ex. Função exponencial negativa

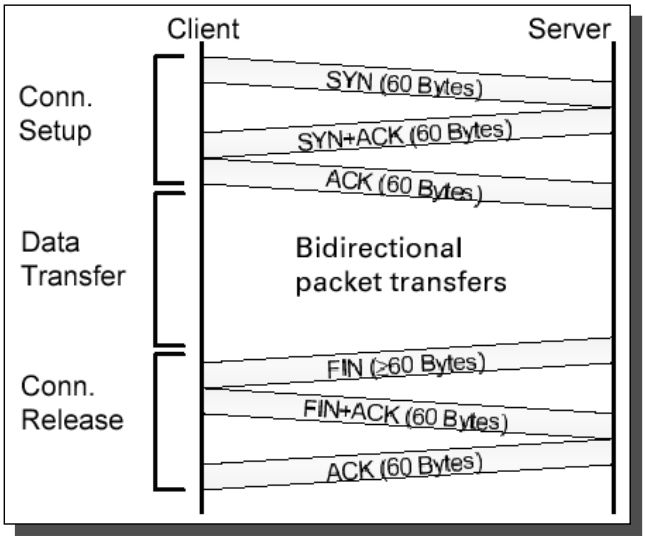


Comportamento de Utilizador/ Comportamento de Aplicação

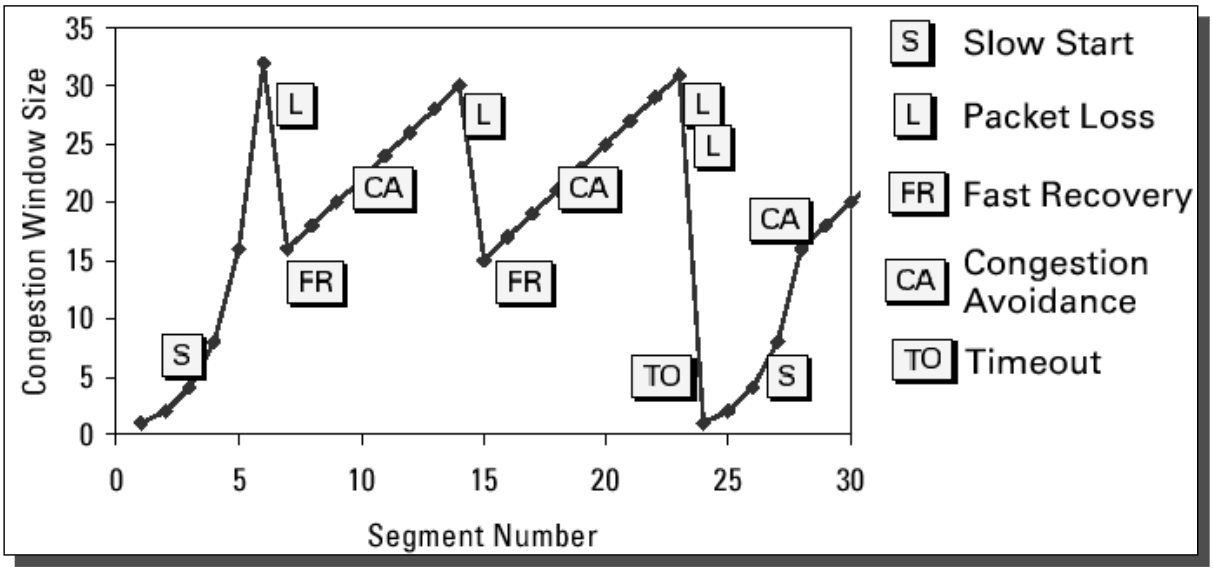
- Utilizador
  - » Determina início da sessão de acesso
  - » Escolhe e utiliza as aplicações
- Aplicação
  - » Determina tráfego gerado
  - » Tráfego de pacotes devido a
    - – Gestão da ligação TCP
    - – Confirmações TCP
    - – Dados produzidos por protocolos de alto nível
    - – Protocolos alto nível

Efeitos do TCP

- TCP induz padrões de tráfego
- Gestão da ligacao
  - » 3 pacotes para abrir
  - » 3 pacotes para fechar
  - » Tratada nas extremidades
- Transporte fiável
  - » Utilização de ACKs
- Controlo de fluxo
  - » Adaptação fluxo
  - » Depende de atraso e perdas

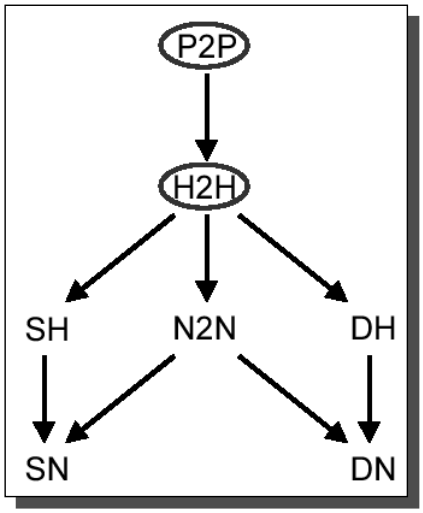


TCP

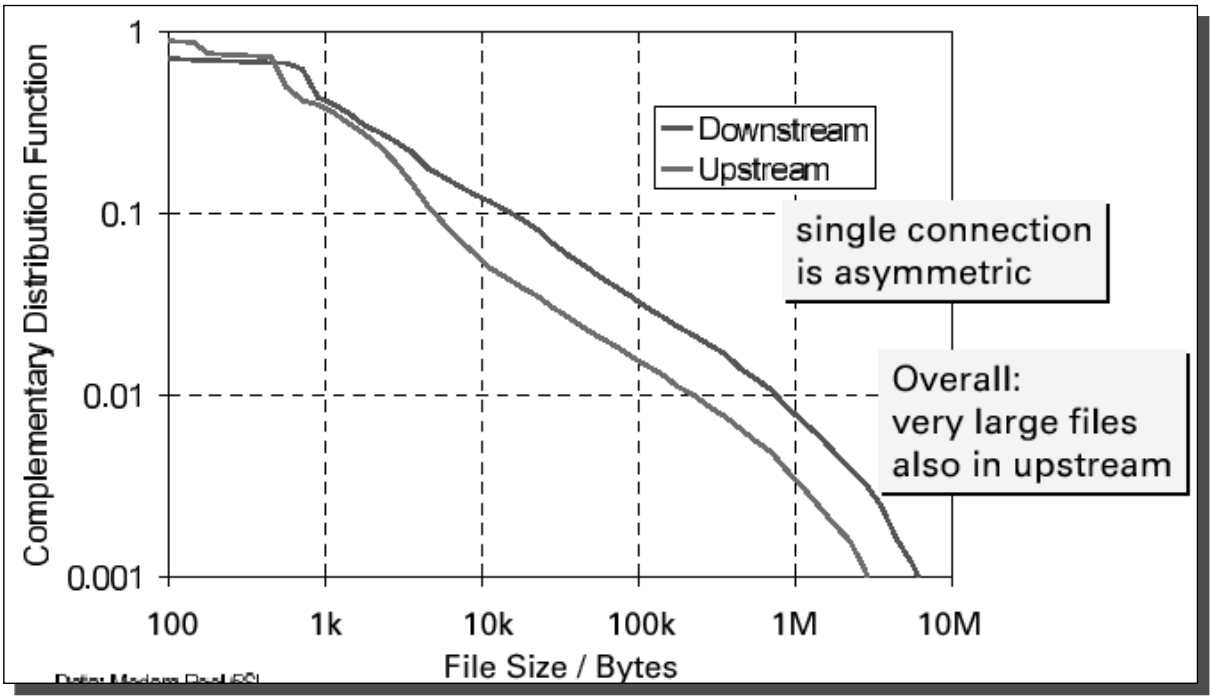


Definição de Fluxo / Relações de Agregação

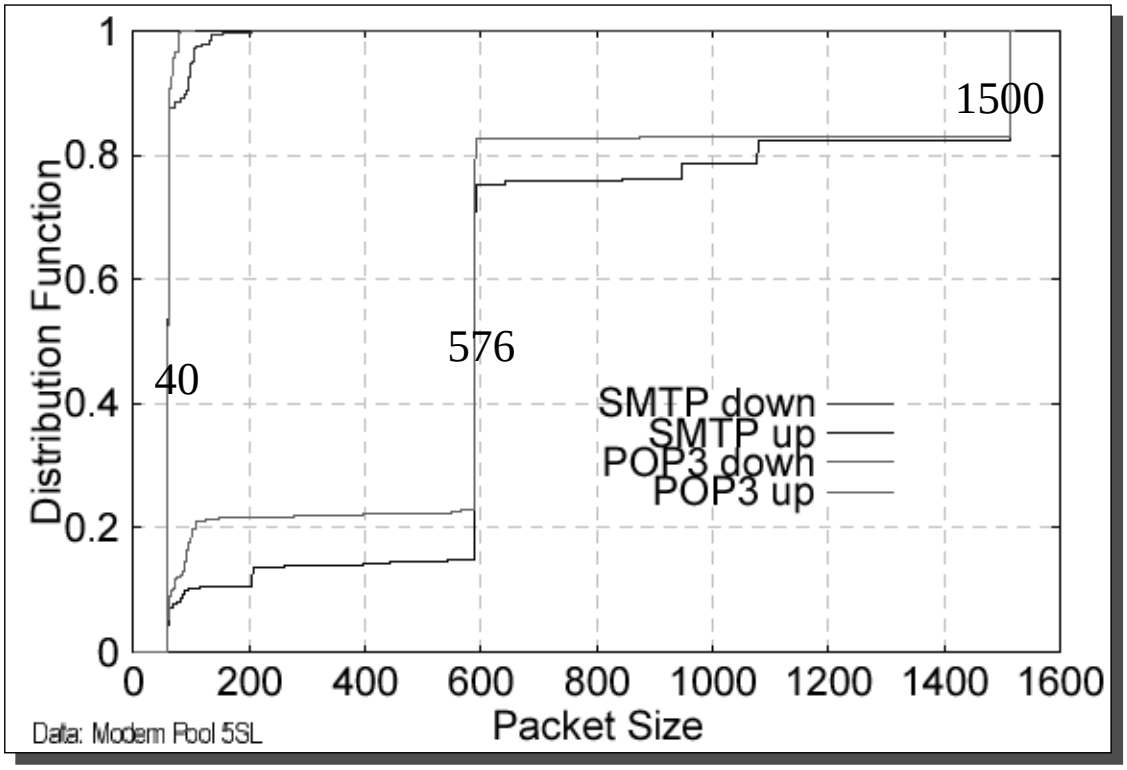
- Porta a porta (P2P)
  - » Ligaçao TCP ou relacao UDP
  - » Fixos – 2 endereços IP, TOS, protocolo, 2 portas
- Host a Host (H2H)
  - » Pacotes com o mesmo par de enderecos IP
- Rede a Rede (N2N))
  - » Pacotes com mesmo par de endereços de rede
- Host de origem (SH)
- Host de destino (DH)
- Outros
  - » Aplicação, bidireccional



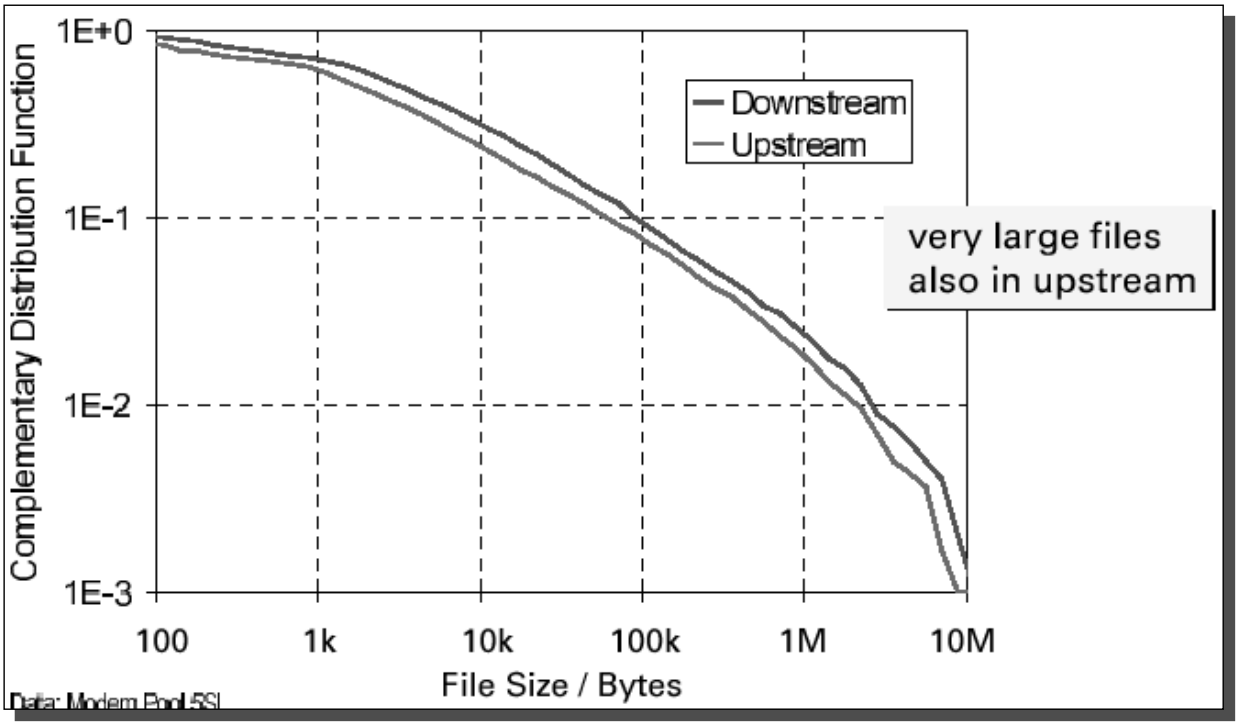
E-Mail – Comprimento das Mensagens



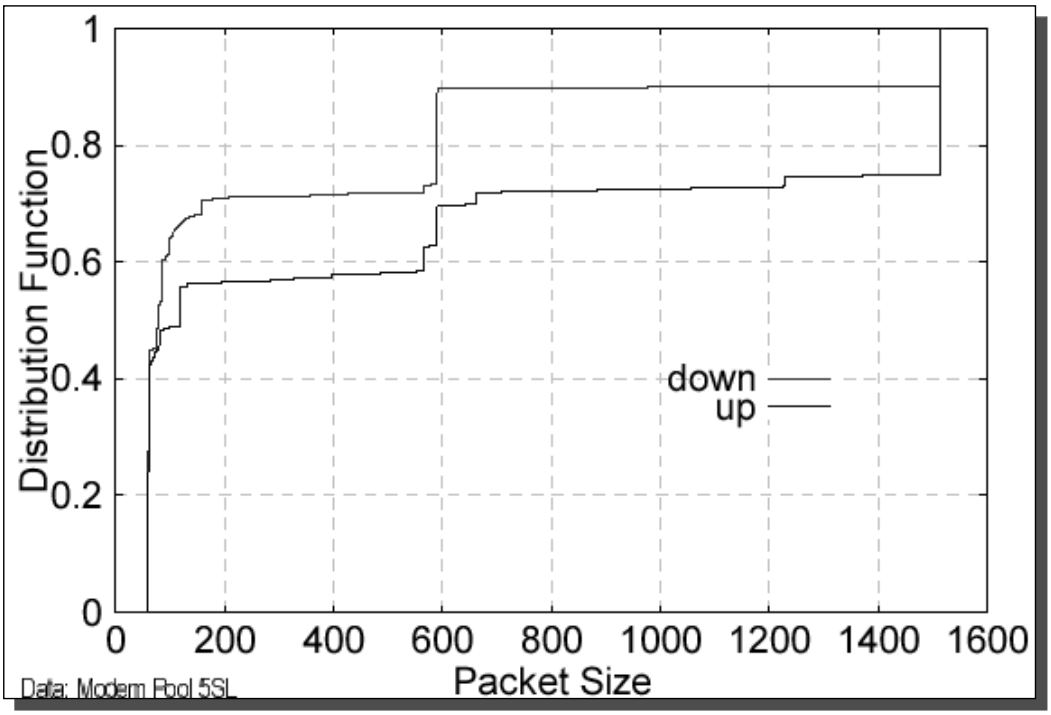
E-Mail – Comprimento dos Pacotes



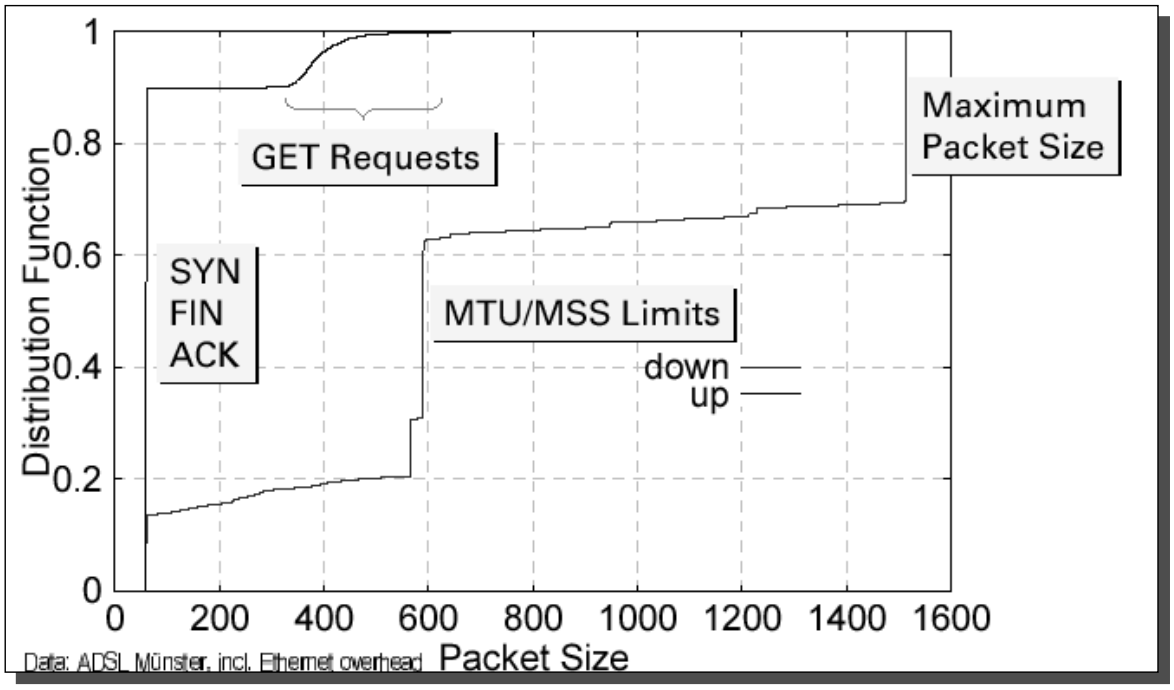
FTP – Comprimento dos Ficheiros



FTP – Comprimento dos Pacotes



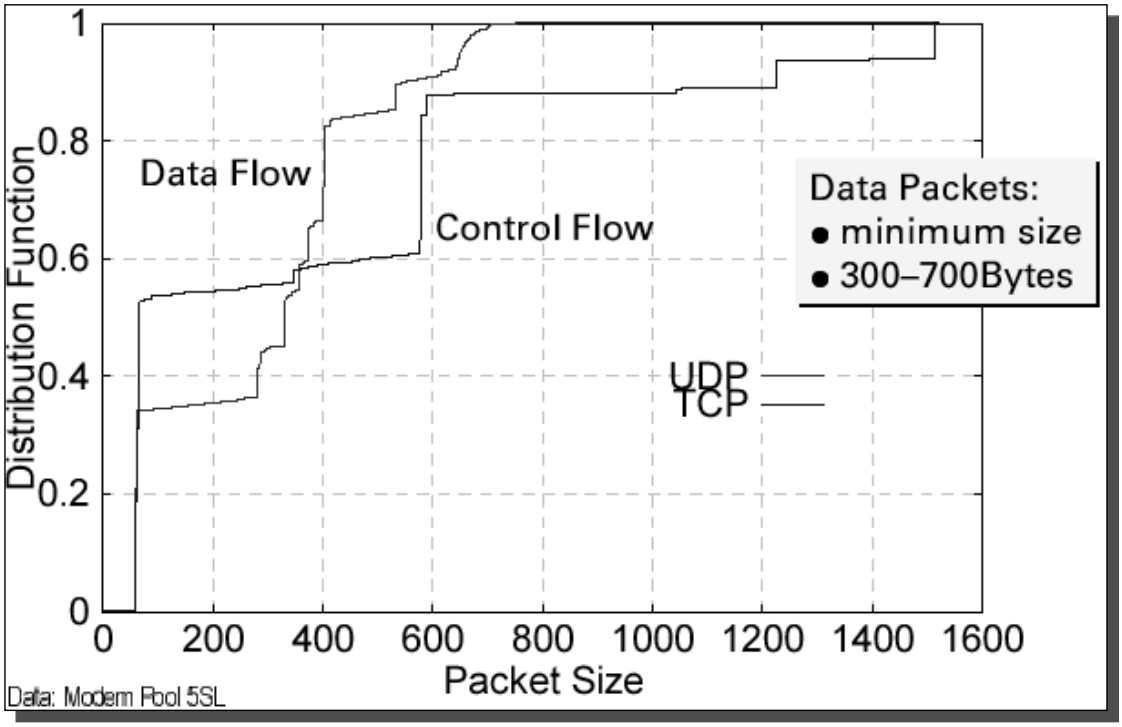
WWW – Comprimento dos Pacotes



Audio Streaming (Real Audio)

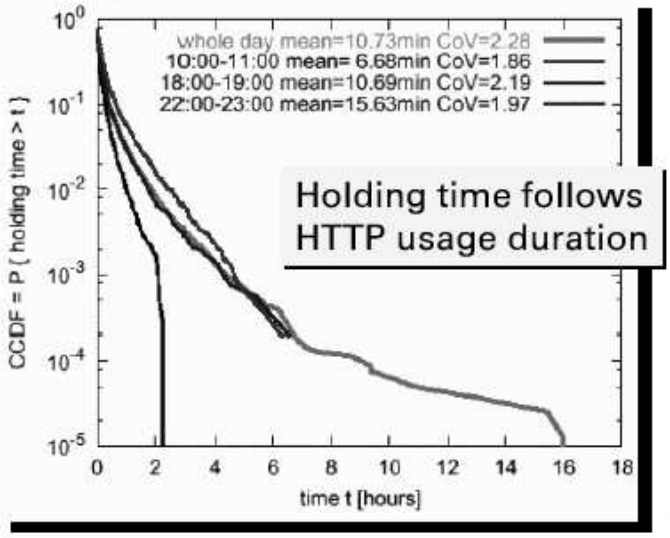
- Características
  - » Transferência de audio clips
  - » Portas → controlo e dados
  - » Débito adaptável
    - – buffers grandes
    - – atraso variaável
    - – perda de pacotes
- Tráfego
  - » Dados
    - – UDP
    - – Pacotes pequenos
  - » Controlo

Real Audio – Comprimento dos Pacotes

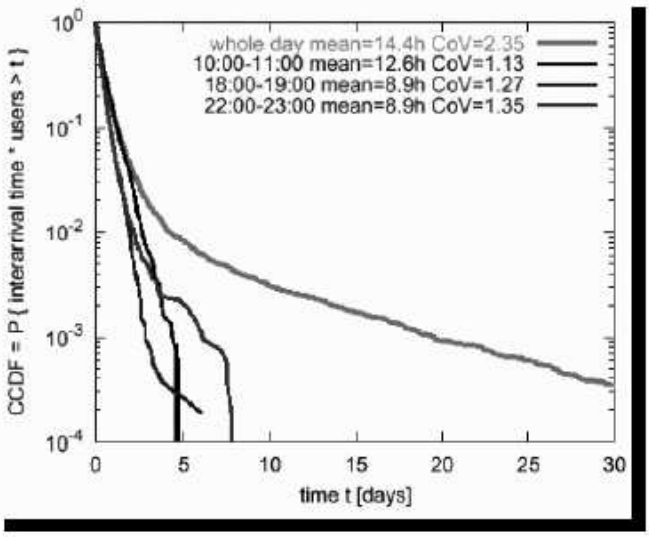


Comportamento do Utilizador Características de Acesso

Holding Time



Cumulative Interarrival Time per User

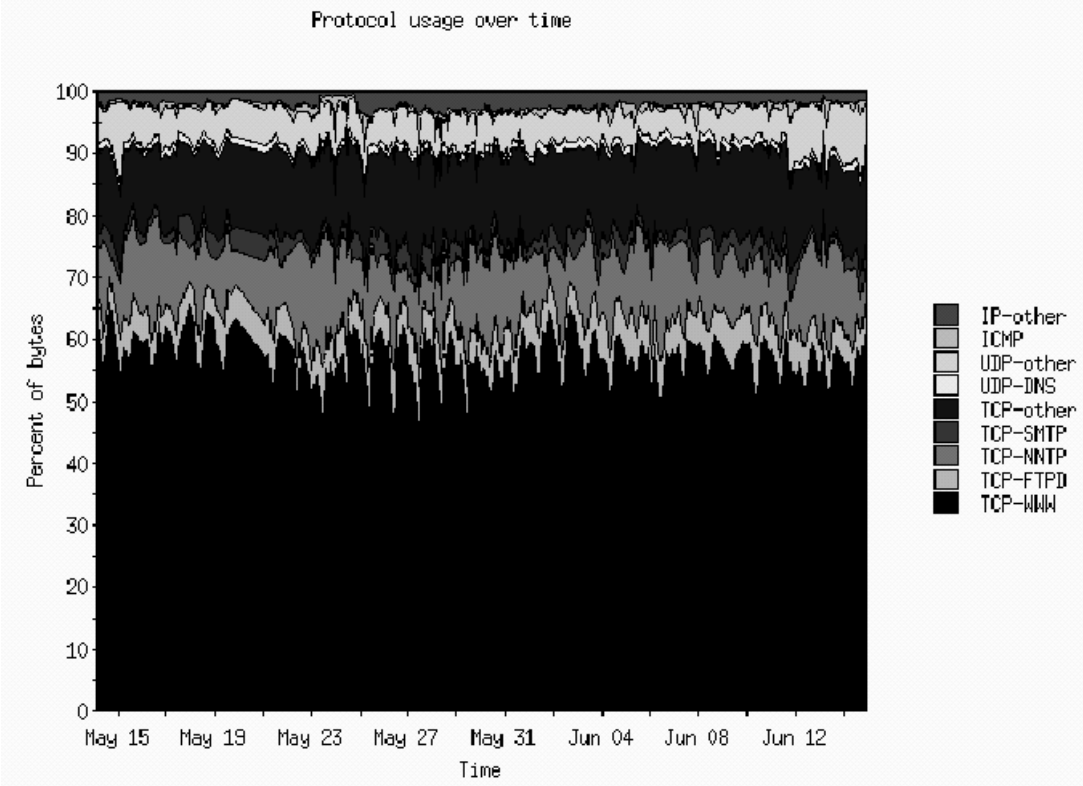


Source: University of Stuttgart

Medidas no Backbone - Tráfego

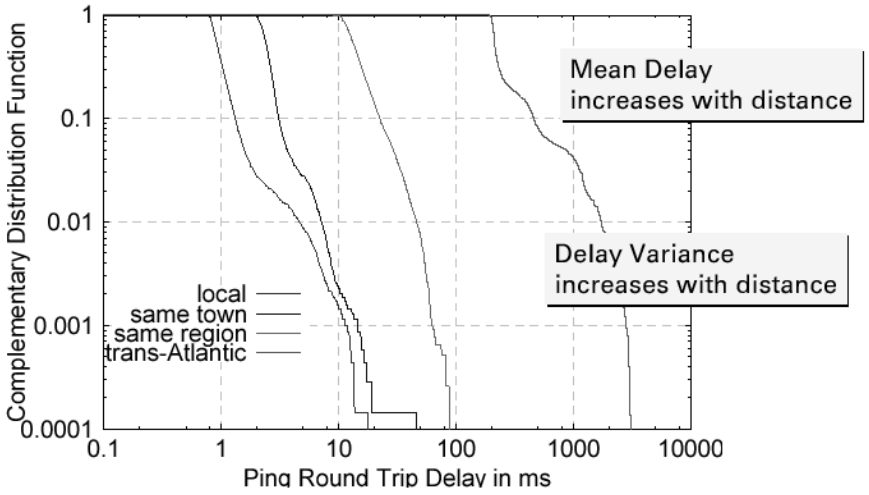
- Para além do tráfego local
  - » Domain Name Systems (DNS)
  - » Network News (nntp)
  - » Rotas
  - » Gestão da Rede

Mistura de Tráfego Tipo



Características da Rede

- » Ligações Internet
  - – Saturadas → probabilidade de perda de pacotes de 4 a 20 %
  - – Em estado quiescente → sem perda de pacotes
- » A generalidade dos pacotes consecutivos usa o mesmo caminho
  - – retorno pode ser diferente

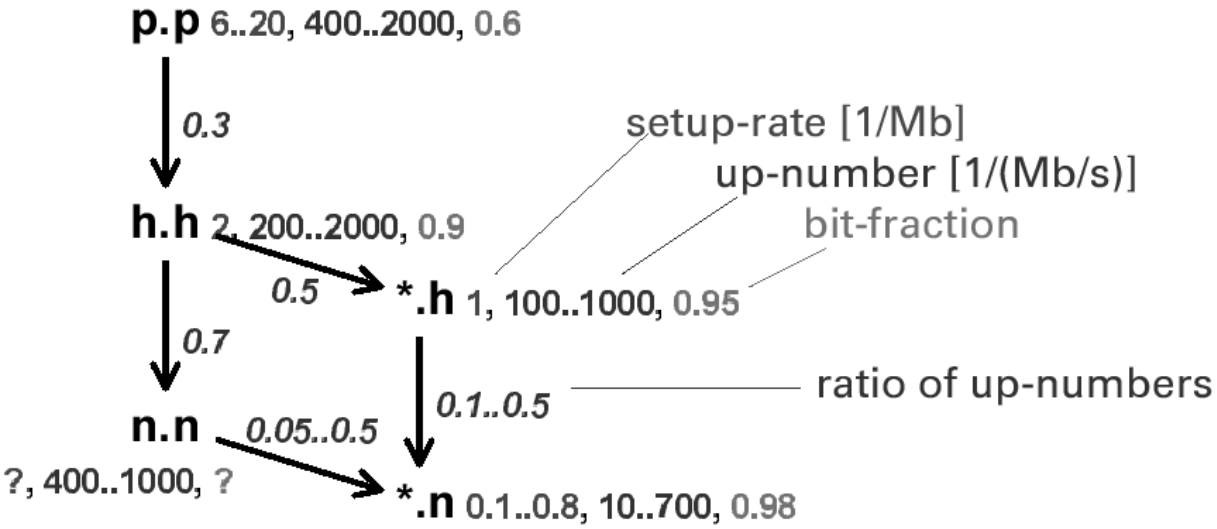


Características dos Fluxos

- ♦ Características normalizadas, que permitem comparação
  - » Taxa de chegada (setup rate)
    - – (Novos fluxos por segundo / débito total) = 1/ (volume médio do fluxo)
  - » Fluxos activos (up-number)
    - – Número de fluxos activos por tráfego debitado (fluxo/(bit/s))
  - » Fracção de bit
    - – Fracção do tráfego que poderia ser transportado em shorcut

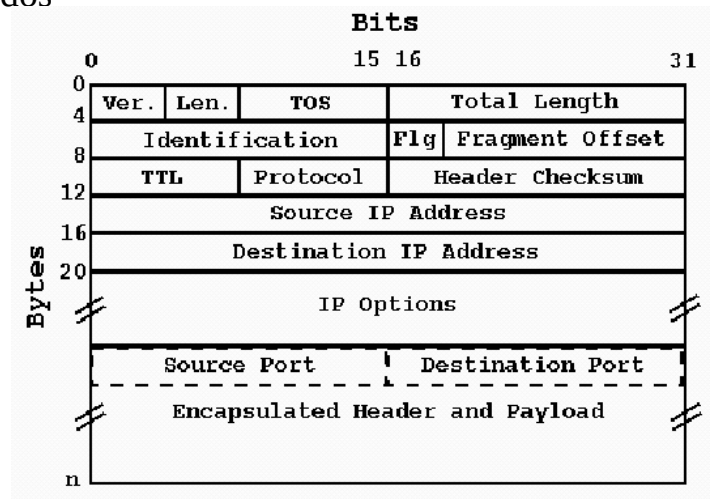
Características dos Fluxos

- » Fracção de Bit
  - – melhora significativamente com agregação
- » Up-number
  - – Algumas centenas de shortcuts por Mbit/s, forte variação, pouco ganho de agregação



Caracterização de Fluxos

- ♦ Ferramentas trabalham com cabeçalho de pacotes
- ♦ Dados são eliminados
  - » Privacidade
  - » Redução da quantidade de dados



Volume de Tráfego

- Número de pacotes
  - » Routers e switches → overheads por pacote
- Número de bytes
  - » Quantidade de dados transportados
  - » Interesse para utilizadores
- Número de fluxos
  - » Grupos de pacotes com afinidade entre si
  - » Definição de fluxo → depende do objectivo da medida

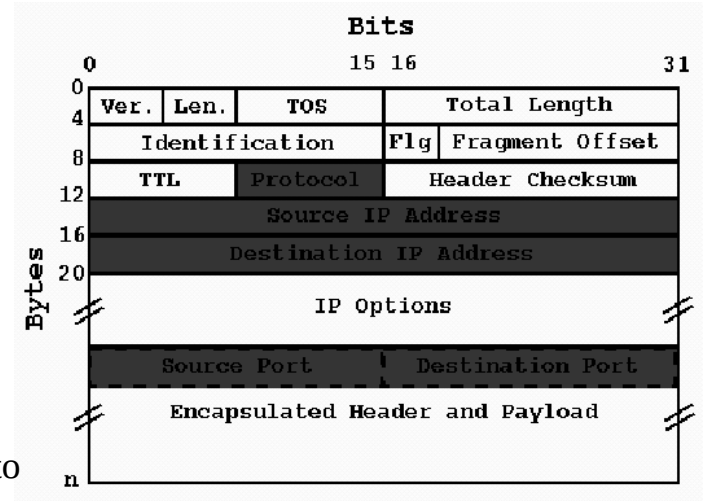
Fluxos

- Pacotes podem ser agrupados de múltiplas formas
  - » Proximidade temporal
    - – Fluxos separados por um intervalo de tempo durante o qual não se observam pacotes
    - – Fluxos baseados em timeout
    - – Usados para estudo de caches em routers e switches
  - » Por sinalização de transporte
    - – Fluxo contém todos os pacotes de uma ligação
    - – TCP → todos os pacotes do SYN inicial até ao ACK final
    - – Interessante para medidas extremo-a-extremo
- Pacotes são normalmente *timestamped*
  - » Resolução mínima → ms
  - » Época começa em 00:00:00.00 GMT, Jan. 1, 1970.

Fluxos

- Fluxos podem ser unidirecionais ou bidireccionais
- Flutuação das rotas pode desviar tráfego de um fluxo

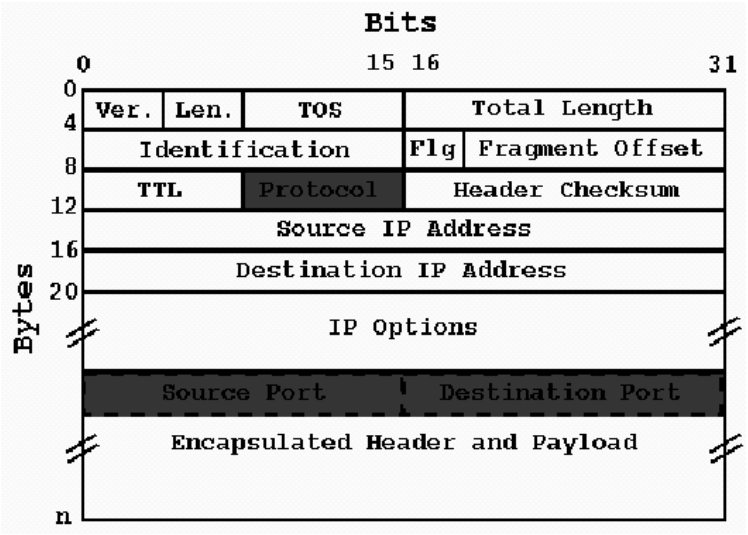
- Fluxo → vector de 5 dimensões
  - » Source IP Address
  - » Source Port
  - » Destination IP Address
  - » Destination Port
  - » Transport Layer Protocol



- Às vezes só é usado um subconjunto
- Nem todos os protocolos usam portas
- Nem todos os parâmetros são usados simultâneamente

Medida de Aplicações

- Protocolo de transporte
  - » TCP, UDP, ICMP, IGMP
  - » Utilização do campo ***protocolo***
- Protocolo de aplicação
  - » HTTP, FTP, NNTP, DNS, RealVideo
  - » TCP e UDP usam portas
  - » Utilização das portas bem-conhecidas para descrever os serviços



Utilização das Portas

- Clientes TCP e UDP usam portas com valor superior a 1023

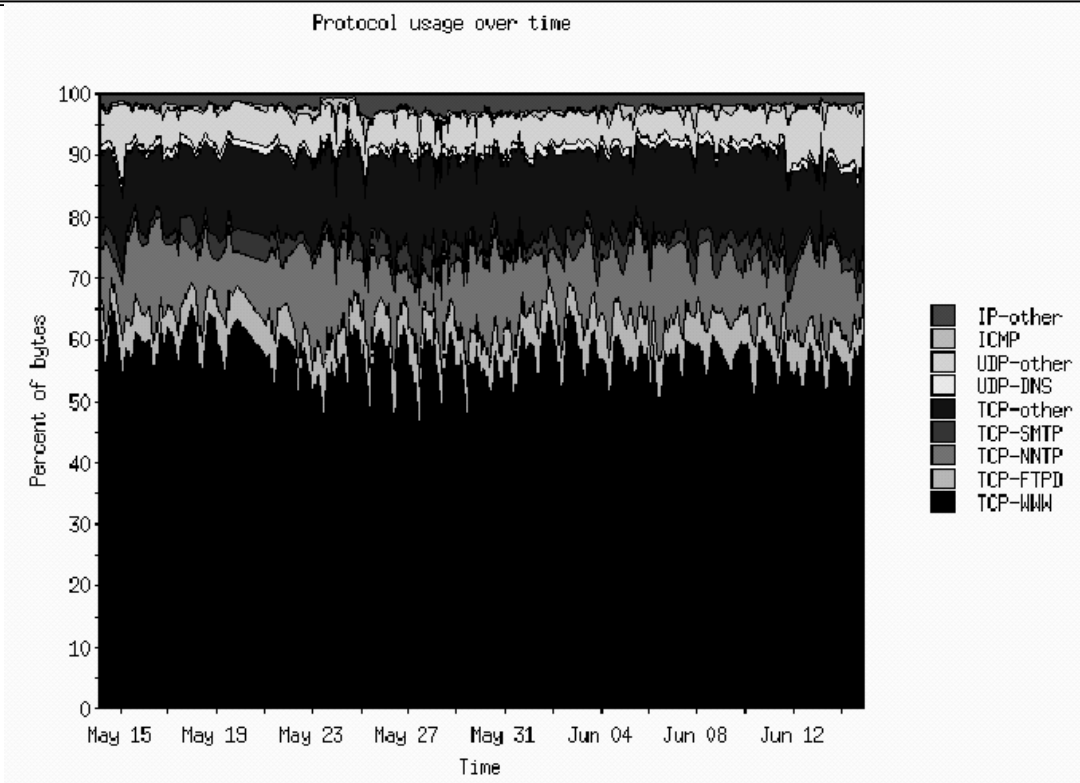
- Algoritmo identificação de serviço
  - » Para as portas de origem e destino
    - – Se porta < 1024 não altera
    - – Se porta > 1023, verifica se é um serviço
      - u Se sim, não altera
      - u Se não, substitui por zero

Portas

SRC	DST	Pacotes	Bytes
80	0	185875699	131439625822
0	0	73328126	26121563040
119	0	18383602	17246484519
20	0	13555941	12549586558
0	80	122767195	9724773087

- Entrada 0,0
  - – Servidore en portas não conhecidas
  - – Serviço desconhecidos
  - – FTP em modo passivo

Mistura Tipo de Tráfego de Aplicação



Localização do Tráfego

- Topologia
  - » Autonomous System
  - » Prefixo de endereço
  - » Rede/subrede
  - » Host
- Geografia
  - » Intercontinental
  - » Internacional
  - » Inter-cidade

Topologia

- Baseado na estrutura hierárquica do espaço de endereços IP
  - » Endereços agrupados a partir da tabela de rotas
  - » Endereços cobertos pela mesma rota estão próximos
- Tabelas de encaminhamento diferentes → granularidades diferentes
  - » Tabelas de um router local com rota de defeito
    - – Distingue entre grupos de endereços internos e externos
  - » Tabelas de routers de backbone → classificam tráfego globalmente
  - » Paths do BGP pode ser usado para agrupar ISPs
    - – Autonomous System (AS) de origem usado para representar origem ou destino
    - – NextHop AS mostra fluxo de tráfego entre ISP parceiros

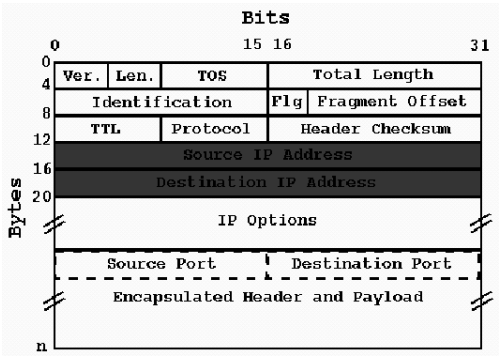
Border Gateway Protocol

- Usado na rede de transporte entre ISPs
  - » Protocolo vector distância
  - » Não conta apenas hops → lista AS atravessados
  - » Lista pode ser muito grande
- Normalmente não há interesse no percurso completo
  - » AS de origem
    - – Último AS na lista
    - – Identifica ISP responsável por este prefixo
- Next-Hop AS
  - » Primeiro na lista de AS
  - » Identifica ISP vizinho para o qual tráfego vai ser enviado

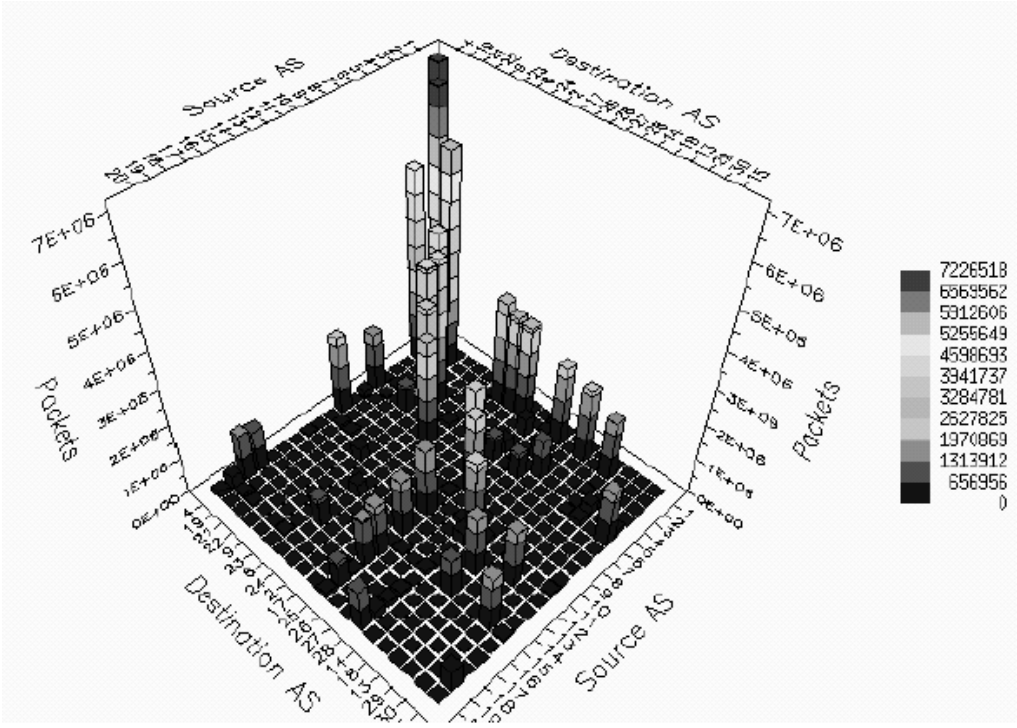
Tabela de Rotas BGP

Network	Path				
12.10.175.0/24	3333	1103	6453	701	8074
128.91.0.0	145	10466	55		
129.12.0.0	5459	786			
129.133.0.0/18	267	1225	1325	1673	3561

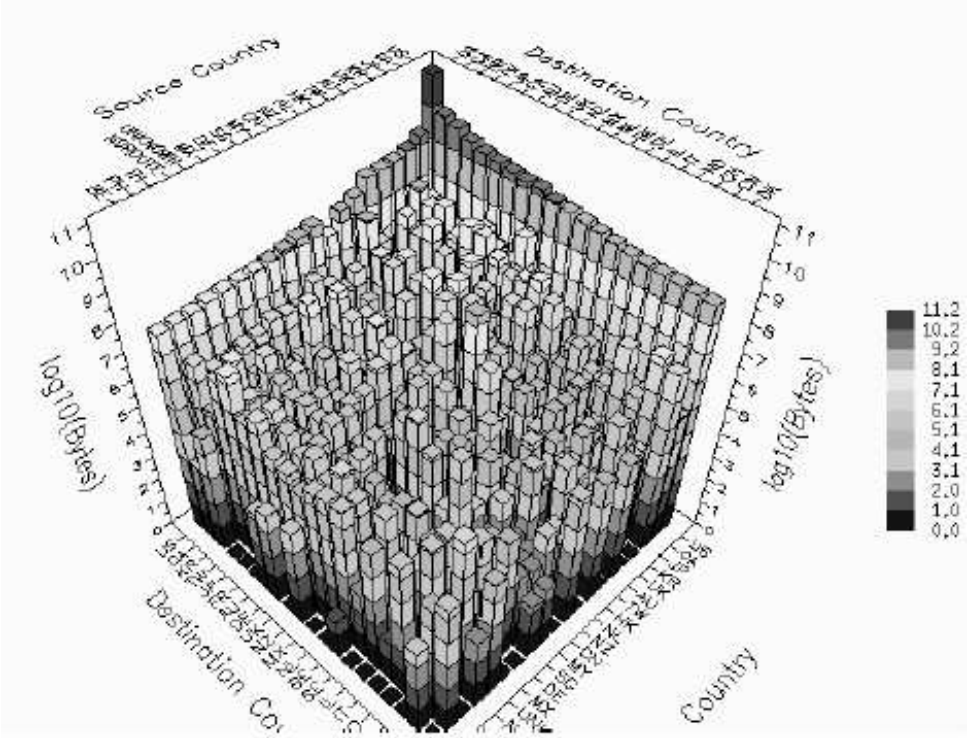
» Next-hop AS → primeira entrada do trajecto
  – AS do ISP vizinho
» Origem AS, é a última entrada do Path
  – AS do ISP que anunciou primeiro a rota



Matriz de Tráfego Entre ASs



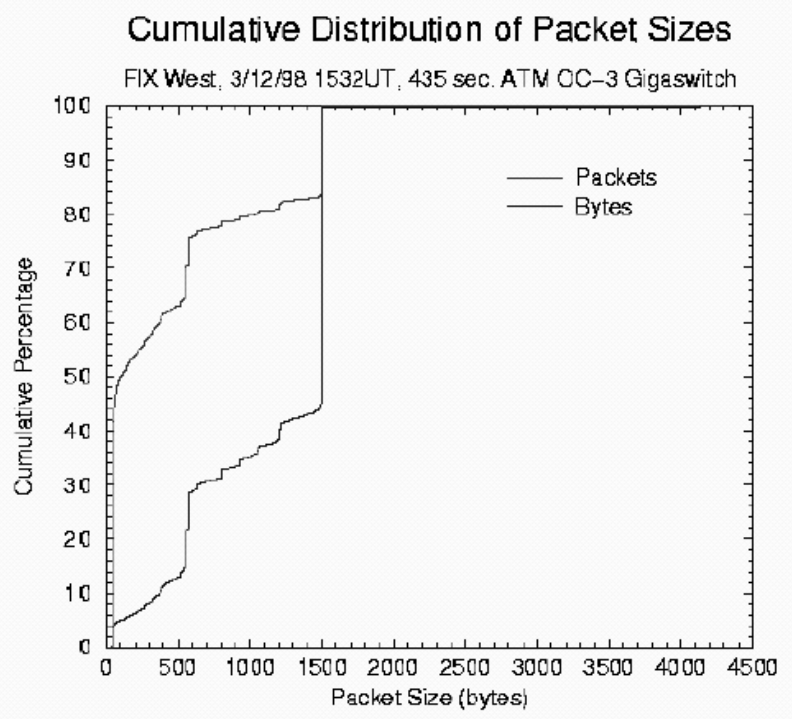
Por País



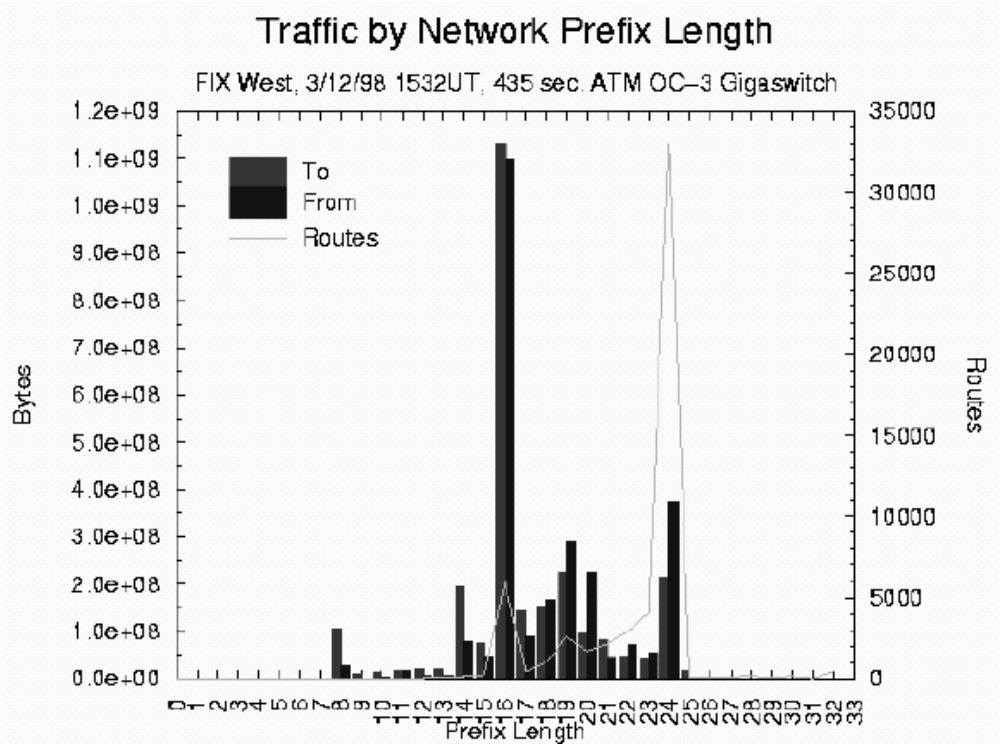
Outras Métricas

- Histogramas de comprimento de pacotes
  - » Útil para fabricantes de routers e switches
  - » Dimensionamente de buffers
- Histogramas de tráfego por comprimento de prefixo de endereço
  - » Indicador da eficiência das tabelas de encaminhamento
    - – Relação tráfego encaminhado/recursos consumidos

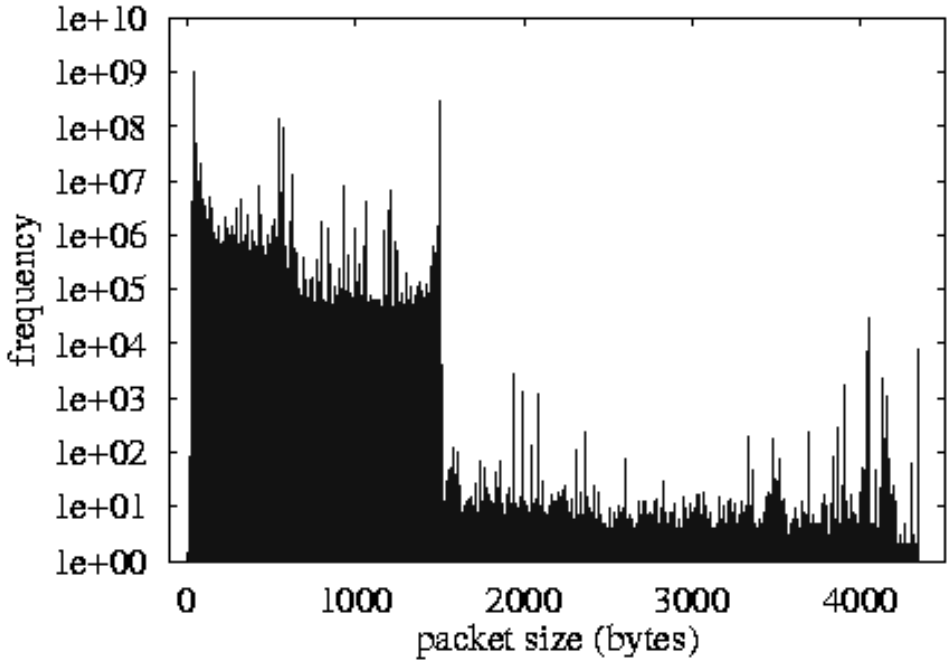
Eficiência de Pacotes



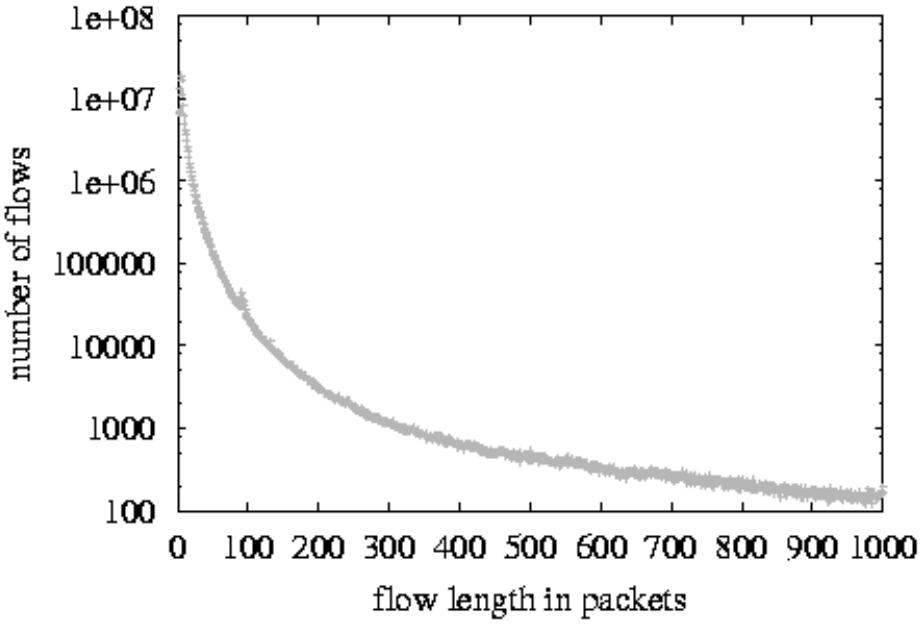
Eficiência da Rotas



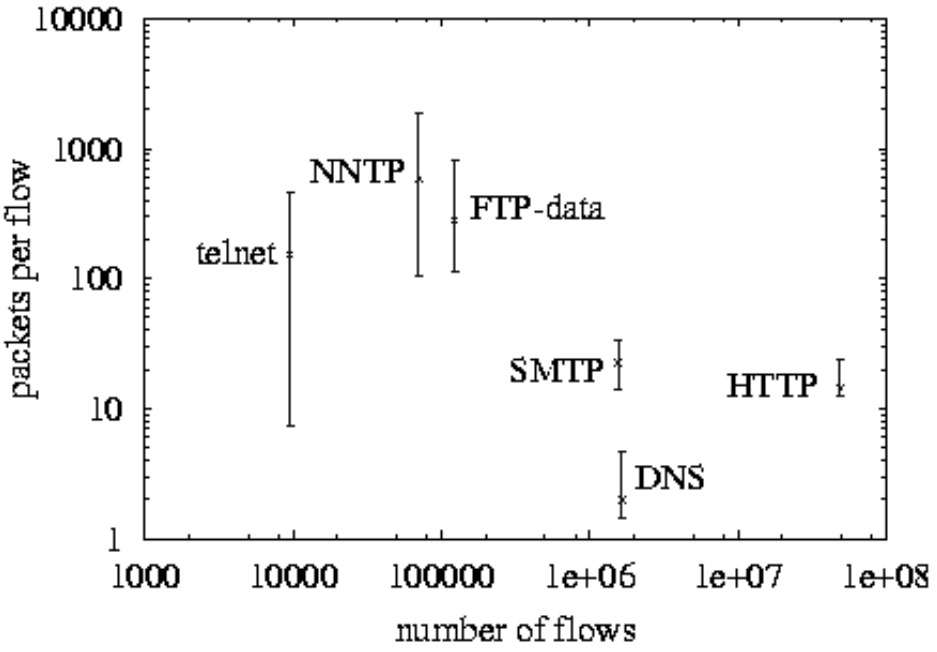
Comprimento dos Pacotes



Comprimento dos Fluxos, em pacotes



Pacotes Por Fluxo - Aplicação



Técnicas de Amostragem

- Se débito de pacotes → elevado
  - » técnicas de amostragem
- Técnicas mais usadas
  - » Amostrar pacote k*N (k inteiro, N constante)
  - » Amostragem por tempo
    - – mais complexa → mas também usada

Outras Métricas Comuns

- Métricas de *utilização comum* na Internet
  - » Latência
  - » Perda de pacotes
  - » Disponibilidade
- Definidas assumindo utilização de ping ou do traceroute
- Existem definições mais precisas →pouco usadas
  - » IETF IPPM
  - » ITU-T I.380
- Avaliadas com métodos activos

Latência

- Latência – tempo de ida e volta de um pacote.
- Tipos de atraso
  - » A. Tempo de propagação
    - tempo que um bit do pacote demora a atravessar um link
  - » B. Tempo de espera e transmissão
    - Tempo de espera de um pacote na fila + tempo de transmissão do pacote
  - » C. Tempo de resposta do servidor
    - tempo que o servidor demora a processar o pacote de entrada e a gerar o pacote de resposta
- Componentes da latência
  - » Atraso directo no percurso cliente-servidor. Tipos a, b
  - » Atraso do servidor. Tipo c
  - » Atraso de retorno no percurso servidor – cliente. Tipos a, b
    - pode nao ser o mesmo que o directo
- Latências de rede tipo – 90 ms (Nova Iorque – Londres)

Latência

- Medida de latência
  - » utilização de aplicação implementada na pilha to IP do servidor
  - » pouco processamento/ kernel space
  - » ping → utilização mais frequente
    - ISPs usam-no para medir latências. Assumem que c é desprezável
- Latência não é fixa
  - » varia com a carga
    - carga no servidor
    - congestao da rede → tempo de espera nos routers
    - Mudança de rotas
- Detecção da variação da latência
  - » Gráficos com medida ao longo do dia → intervalos de 1 a 5 minutos

Perda de Pacotes

- Internet funciona em best-effort →
  - » Filas grandes, nos routers → pacotes perdidos
- Pacotes perdidos (definido a pensar no ping ...)
  - » Pacotes perdidos em trânsito entre um cliente e um servidor sobre número de pacotes enviados para o servidor
  - » Medida feita durante um intervalo de tempo
  - » Valor expresso como fracção dos pacotes enviados para o servidor
- Valores variam de 0% (sem congestão) até 5 - 15% (congestão severa).
  - » Valores muito altos tornam rede inusável
  - » Perdas moderadas (1, 2, 3 %) são aceitáveis

Débito

- Débito de envio informação para a rede.
  - » Medido em
    - – bit/s, Byte/s, pacote/s
- Medido, contando
  - » Número de bytes transportados durante um intervalo de tempo
  - » Sobre TCP ou utilizando fluxo UDP/IP bem comportado

Disponibilidade

- Capacidade de um dispositivo/serviço permanecer em operação normal
  - » Disponibilidade de serviço (ex. Servidor Web)
    - – Teste - descarregar páginas de um servidor Web, usando um browser.
  - » Disponibilidade da máquina
    - – Ping do host, verificar recepção de pacotes ICMP
  - » Disponibilidade da rede
    - – Fazer traceroute até um host. Verificar se há ligação
- Em cada um dos casos
  - » Obter valores de latência e perda de pacotes
- Indisponibilidade é função de latência e perda de pacotes
- Ex. Rede indisponível quando router do ISP, pingado em intervalos de 1 min,
  - » Latência maior que 10 ms, ou
  - » Perda de pacotes de ping maior que 1%

Disponibilidade

- Disponibilidade nos ISPs
  - » Figura mensal
    - – Indica percentagem de tempo que rede esteve com valores de latencia e perda de pacotes aceitaveis
  - » Disponibilidade de 99,99%
    - – serviço indisponível durante 4 minutos, no mês.
- ISPs
  - » *Podem confundir disponibilidade* com *acessibilidade* aos hosts
  - » Só começam a contar a indisponibilidade a partir do momento da reclamação
  - » Podem não incluir tempos de manutenção dos equipamentos
- Outros parâmetros importantes
  - » Mean Time To Repair (MTTR)
    - – Tempo de médio de recuperação do serviço, depois de perda de disponibilidade
  - » Mean Time Between Failures (MTBF)
    - – Tempo médio entre o início de serviço normal e a próxima perda de disponibilidade

Fiabilidade

- Probabilidade de se obter uma resposta errada
  - » Pacote corrompido
    - – pacotes errados também são considerados como perdidos.

Estatísticas
Média, Mediana e Percentil

- Média – valor interessante, para dados bem comportados
- Mediana → percentil 50. Melhor valor que média
- Utilização de percentis → 5%, 95%, 25%, 75%
  - » Eg. Prob(latência < Y) >= 75%
  - » Valor Y, para o qual o percentil é observado

Ping

- ping
  - » Aplicação simples
  - » Corre em cliente
  - » Ping envia pacotes ICMP echo request para um servidor
  - » servidor envia pacote de ICMP echo reply
  - » Ping calcula tempo de ida e volta
  - » ICMP corre na pilha, no kernel
  - » Ping conta percentagem de pacotes perdidos e latência
- ping -c 5 xx.yy.com

```
. . . . . .
--- xx.yy.com ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 167.401/266.975/366.900/82.312 ms
```

Ping

- Ping faz teste de atingibilidade de máquina.
  - » Diferente de ter serviço activo
- Ausência de resposta pode indicar bloqueio em firewall
- Mau para teste de routers
  - » routers correm ping com prioridade baixa ➔ latência grande

Traceroute

- Usado para detectar possível rota
- traceroute produz a lista de routers até ao destino
- Imprime latência ou * se não há resposta
- Só mostra o percurso directo
- Usa o TTL, que expira, e recebe mensagens de erro ICMP.

Gestão, SNMP

- Monitorar MIBs através de SNMP
- MIB-II contém contadores interessantes
  - » ifInOctets
    - – Número total de octetos recebidos através de uma interface
  - » ifOutOctets
    - – Número total de octetos enviados através de uma interface.
- Contadores SNMP nunca são postos a zero ➔
  - » Leitura regular
  - » Diferenças

Wire Time

- Para um dado pacote
  - » O tempo de chegada de um pacote a um host
    - – Instante em que o primeiro bit do pacote chega ao host
  - » Tempo de partida de um pacote de um host
    - – Instante em que o último bit do pacote é transmitido para o cabo

Pacotes de Medida

- Um pacote de medida bem formado
  - » Indica o comprimento correcto e válido (>=5) no cabeçalho
  - » Tem cabeçalho válido. Com checksum correcto
  - » Não é um fragmento
  - » Endereços indicados são válidos e verdadeiros
  - » Tem TTL de 255 ou com valor que permita atravessar a rede
  - » Não contém opções
  - » Se existir cabeçalho de transporte, este também é correcto
- Pacote mínimo
  - » Pacote bem formado
  - » Comprimento de dados = 0

Dezenas de Ferramentas ...

- Livro do Sloan, Network Troubleshooting Tools
- www.caida.org