

Redes de Computadores

TPCs / Trabalhos das teóricas

1. Introdução

2. Física I

3. Ligação de cabos

4. ARP

5. Delay

6. Delay II

7. MAC

8. Net I

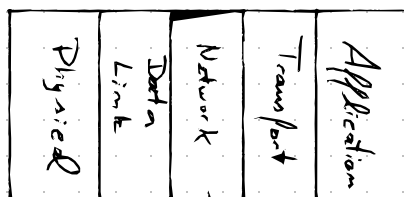
9. Net II

10. TCP

11. Routing

1. Introdução

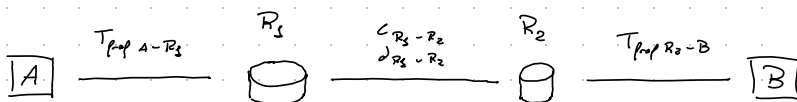
1. O nível "Rede" do modelo de referência TCP/IP (Internet) é responsável pela transferência de dados (pacotes) entre a origem e o destino e usa os serviços fornecidos pelo nível de ligação de dados.



Introduction: 29

"routing of data packets
From source to destination"

2.



$d_{R_1-R_2} = 5000 \text{ km}$ // Distância entre R_1 e R_2

$L = 50 \text{ kbit} = 0,05 \text{ Mbit}$ // Tamanho do pacote

$T_{\text{prop}}(A-R_1) = T_{\text{prop}}(R_2-B) \sim 0$ // Despreza-se o atraso de propagação

$T_{\text{queue}} \sim 0$ // Despreza-se atrasos da "queue"

$v_{\text{prop}} = 5 \text{ ms/km}$ // Velocidade de propagação de um pacote

$C_{A-R_1} = C_{R_2-B} = 500 \text{ Mbit/s}$

$C_{R_1-R_2} = 5 \text{ Mbit/s}$ // Capacidade de transmissão de dados

$$T_{\text{prop } R_1-R_2} = v_{\text{prop}} \cdot d_{R_1-R_2} = 5 \times 5000 = 5000 \mu\text{s} = 5 \text{ ms}$$

$$T_{\text{pac}} = \frac{L}{C} \left\{ \begin{array}{l} T_{\text{pac } A-R_1} = \frac{0,05}{500} = 10^{-4} \text{ s} = 0,1 \text{ ms} \\ T_{\text{pac } R_1-R_2} = \frac{0,05}{5} = 10^{-2} \text{ s} = 10 \text{ ms} \\ T_{\text{pac } R_2-B} = \frac{0,05}{500} = 10^{-4} \text{ s} = 0,1 \text{ ms} \end{array} \right.$$

$$T_{\text{end-to-end}} = T_{\text{pac } A-R_1} + T_{\text{prop } A-R_1} + T_{\text{pac } R_1-R_2} + T_{\text{prop } R_1-R_2} + T_{\text{pac } R_2-B} + T_{\text{prop } R_2-B}$$

$$= 0,1 + 0 + 10 + 5 + 0,1 + 0$$

$$= 15,2 \text{ ms} //$$

2. Físico I

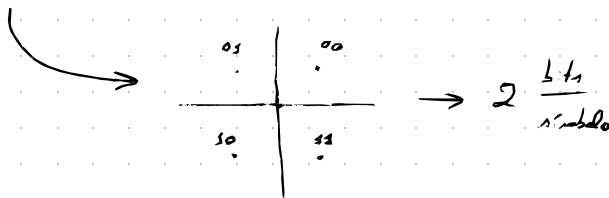
- Largura de banda B_s
 - Banda de corte B_c
 - $B_s < B_c$
 - Sem ruído

Largura de banda do receptor é:

$$B_s$$

- 500 k símbolos / s
 - 4 QAM

$$200 \text{ k bits / s}$$



3. Ligação de dados

- Para um dado Bit Error Ratio (BER), o Frame Error Ratio (FER) aumenta com o aumento do comprimento da trama.

$$FER = 1 - (1 - BER)^m$$

sendo m o tamanho da trama

- Uma trama de dados protegida com um código CRC:

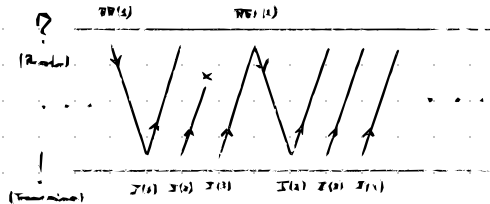
$$G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1 \rightarrow 100010000000100001$$

$$\rightarrow r = 16 \rightarrow \text{len}(R(x)) = 16 \text{ bits}$$

4. ARQ

- Mecanismo do Back N
 - Janela $W = 127 (\geq 3)$

? RR(3), !I(1), !I(2)
 !I(3), ? RES(2)
 !I(2), !I(3), !I(4)



- Eficiente e simples

→ ARQ-LL quando Cabto
 (Ligação com FER/PLR elevado)

→ ARQ-FE quando Cheio
 (Ligação com FER/PLR baixo)

- Link-to-Link ARQ

→ Mais eficiente

→ Menor complexidade

End-to-End ARQ

→ Eficiente se com PLR baixo

→ Mais simples

59
 x do #3
 Data Link

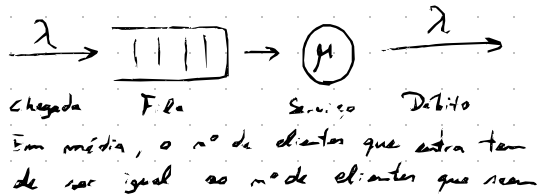
5. Delay

- Fila estável M/M/1

→ Chegada de λ clientes / s

→ Serviço de μ clientes / s

∴ Débito de λ clientes / s



- Fila M/M/1 estável

→ Fila D/D/1 estável

→ Intensidade de tráfego

$\rho = 0,9 = \lambda / \mu$

∴ A Fila M/M/1 tem um número médio de pacotes N superior ao da Fila D/D/1

$$\begin{array}{l} \text{M/M/1} \\ N = \frac{\rho}{1 - \rho} \\ = 9 \text{ pacotes} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{D/D/1} \\ 0 < N < 1 \end{array} \quad \textcircled{4}$$

⊛ Obrigado Afonso Machado!

6. Delay II

3. → Fila M/M/1/B
→ 50 buffers
→ $\lambda = \mu = 500$ pacotes/s

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{500}{500} = 1$$

$$P(B) = \frac{(1-\rho)\rho^B}{1-\rho^{B+1}} = \frac{1}{B+1} = \frac{1}{51} \approx 1.96\%$$

(quando $\rho = 1$)

$$\therefore P(B) \approx 9.9\%$$

2. Uma fila de espera em que o tempo entre chegada de pacotes tem uma distribuição exponencial e os pacotes têm um tamanho fixo pode ser modelada como M/D/1.

M/D/1

- ↳ N° de servidores
- ↳ Serviço determinístico
- ↳ Chegada de pacotes exponencial

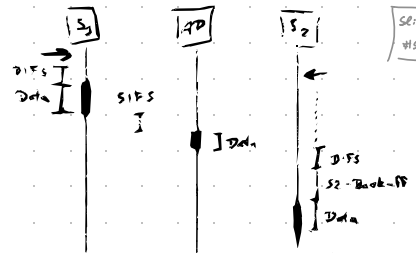
7. MAC

3. No protocolo de acesso ao meio CSMA/CD, quando uma estação emissora detecta uma colisão, esta estação aborta a transmissão da trama e retransmite a trama após esperar por um número aleatório de timeslots.

- ① IF collision detected, retransmission delayed using Binary Exponential Backoff algorithm:
↳ $[0, 2^i - 1]$, i collision

Slide 20
Wi5-MAC

2. As redes Wi-Fi usam o mecanismo de controle de acesso ao meio CSMA/CA. Quando uma estação tem uma trama para transmitir mas o meio está ocupado, esta estação espera um tempo aleatório, que só conta quando o meio está livre mais de um certo tempo (DIFS) e depois transmite.



Slide 27
Wi5-MAC

8. Net I

- Quando uma trama é recebida por um switch Ethernet mas a tabela de encaminhamento do switch não contém uma entrada para o endereço MAC de destino dessa trama, o switch **envia a trama para todos os portas exceto aquela em que a trama foi recebida**

MAC não presente na cache

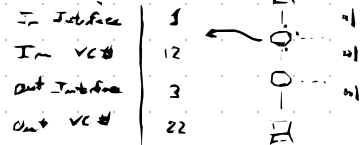
Slide 43
#6: Network

Broadcast é um "ARP Request"

A máquina em questão envia "ARP Reply"

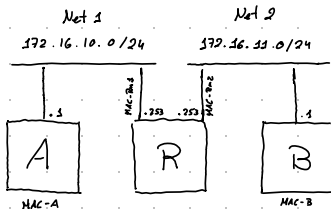
- Considere uma rede de circuitos virtuais. Num circuito estabelecido nessa rede, cada pacote tem um identificador de circuito, que muda de ligação para ligação mas corresponde ao mesmo circuito.

Ex:



9. Net II

1.



Quando o terminal A envia um datagrama IP destinado a B, os endereços MAC e IP de destino na trama/pacote na rede 1 são:

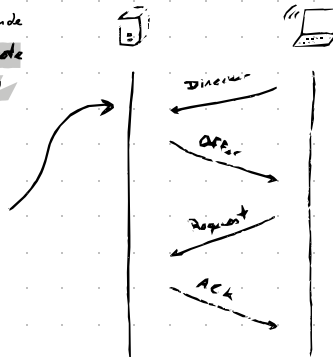
- MAC_{dest} = MAC - R-1
- IP_{dest} = 172.16.33.1

Ⓢ Porque o router que responde ao ARP Request

2.

Quando um terminal se liga a uma rede e pretende obter um endereço IP por DHCP, ele envia um pacote DHCP Discover para o endereço de broadcast (255, 255, 255, 255)

- Ⓢ Nesta Fase inicial, o terminal ainda não conhece o endereço IP do servidor DHCP.



Slide 53
#6: Net2

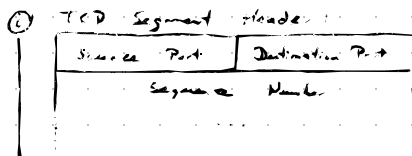
10. TCP

1. Uma conexão TCP fica univocamente identificada

pelos seguintes parâmetros:

- ☐ Socket da origem
- ☐ Socket da destino
- ☒ IP de origem
- ☒ IP de destino
- ☒ Porta de origem
- ☒ Porta de destino

Slide 9
#9: Transport



2. O valor do timeout usado para retransmissão no TCP é definido dinamicamente em função do RTT.

$$\text{Timeout} = \text{EstRTT} + 4 \times \text{DevRTT}$$

Média ponderada

Slide 59
#9: Transport

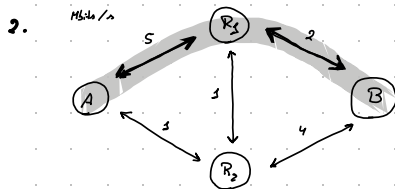
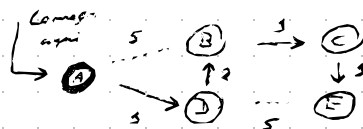
Desvio padrão

Slide 20
#9: Transport

② RTT = Round Trip Time

11. Routing

1. O algoritmo de Dijkstra permite descobrir a árvore de caminhos mais curtos. Essa árvore é calculada por cada nó.



Supondo que o custo de uma ligação é inversamente proporcional à capacidade e que todos os pacotes enviados de A para B seguem o caminho de custo mínimo, o maior débito possível entre A e B é **2 Mbits/s**.

Menor custo → Maior capacidade (Max Flow)