

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Informática
Departamento de Informática Aplicada

INF01154 - Redes De Computadores

Relatório da Experiência 5

Mairo Pedrini - 2285/01-8
Paulo Sérgio Morandi Júnior - 2767/01-1
6 de julho de 2004

1 Introdução

Analisar a performance de redes locais do tipo Ethernet baseadas no algoritmo de acesso CSMA/CD. Verificar a variação de performance deste tipo de rede variando-se os seus parâmetros mais significativos. Obtenção de gráficos que demonstrem o comportamento da rede Ethernet em relação diferentes parâmetros padronizados pelo padrão IEEE 802.3. Estudo comparativo das diferentes tecnologias de redes locais padronizadas, como: CSMA-CD (IEEE 802.3), do Token Ring (IEEE802.4) e do Token Bus (IEEE 802.5)

2 Roteiro Experimental

2.1 Análise do Protocolo IEEE 802.3 (CSMA/CD)

A fórmula que mede a eficiência de uma rede local segundo o padrão IEEE 802.3 (CSMA/CD) é:

$$\eta = \frac{1}{1 + 5,346a} \quad (1)$$

onde $a = \frac{t_p R}{L_m}$ e a é fator o de performance de uma rede, t_p é o tempo de propagação do sinal no canal de rede, R é a taxa de transmissão da rede e L_m é o tamanho médio dos frames.

Dada uma rede local segundo o padrão IEEE 802.3 (CSMA/CD), que possui as seguintes características:

- Quadro médio(L_m): 100 *bytes*;
- Taxa de transmissão (R): 10 *Mbit/s*;
- Time-slot: $t = 2t_p = 51,2 \mu s$.

e supondo que a velocidade de propagação do meio é de $0,6c$ ($c = 2,99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$), podemos calcular a performace da rede fazendo

$$a = \frac{25,6 \mu s \times 10 \text{ Mbits/s}}{100 \text{ bytes}} = 0,32$$

Logo a eficiência dessa rede pode ser medida substituindo na equação 1:

$$\eta = \frac{1}{1 + 5,346a} = \frac{1}{1 + 5,346 \times 0,32} = 0,36502745 \approx 36,5\%$$

A distância máxima entre dois terminais quaisquer deste domínio de colisão que assegura ainda o correto funcionamento do algoritmo CSMA/CD é dada pela fórmula:

$$t_p = \frac{D_{max}}{v} \quad (2)$$

onde t_p é o tempo de propagação do sinal no canal de rede D_{max} é a distância máxima, v é a velocidade de transmissão no meio. Logo, para a rede local acima e substituindo os dados em 2, temos:

$$t_p = \frac{D_{max}}{v} \rightarrow D_{max} = t_p \times v = 25,6 \mu s \times 0,6 \times 2,99792458 \times 10^8 m/s$$

$$D_{max} = 25,6 \times 10^{-6} s \times 1,798754748 \times 10^8 m/s = 46,0481215488 \times 10^2 m \approx 4605m$$

Se aumentarmos o quadro médio nessa rede local para 400 bytes, temos:

$$a = \frac{25,6 \mu s \times 10 Mbits/s}{400 bytes} = 0,08$$

portanto teremos a nova eficiência de:

$$\eta = \frac{1}{1 + 5,346a} = \frac{1}{1 + 5,346 \times 0,08} = 0,7004371 \approx 70\%$$

um aumento de

$$\frac{0,7004371}{0,36502745} = 1,918861$$

em relação a eficiência anterior.

3 Análise Gráfica do Padrão IEEE 802.3 (CSMA/CD)

Nota-se pela análise dos gráficos da figura 1 que a eficiência do CSMA/CD decresce com o aumento da taxa de transmissão. Podemos melhorar essa decrescimento aumentando o tamanho do frame como visto na figura 2.

Porém, a figura 3 mostra que não podemos aumentar o tamanho do frame infinitamente, uma vez que a eficiência diminui com o aumento do mesmo. Isso deve-se ao fato de que o aumento no tamanho do frame exige uma capacidade de bufferização maior nos outros dispositivos da rede, aumentando, assim, o processamento nos mesmos.

A figura 4 mostra o decrescimento da eficiência com o aumento do time-slot. O aumento do time-slot proporciona um aumento na distância entre dois terminais, porém essa distância não pode ser muito grande pois, de acordo com o gráfico, estaremos prejudicando a eficiência do protocolo. Como mostrado nos cálculos anteriores para o exemplo da rede local, a distância máxima naquelas condições era de mais de 4km, o que já pode ser considerada uma distância muito grande para uma rede local.

4 CSMA/CD Em Canais FULL-DUPLEX

O algoritmo CSMA/CD foi projetado para operar em redes ethernet com meio de transmissão *Half Duplex*, onde o acesso ao meio é disputado por dois ou mais terminais e, conseqüentemente, colisões ocorrem com certa frequência. Este é



Figura 1: Eficiência x Taxa de Transmissão (Mbits/s), considerando tamanho médio de frame de 100 bytes

o caso de redes ethernet interconectadas por um cabo coaxial (topologia em barra) ou por cabos de par trançado utilizando um Hub central (topologia em estrela).

Em canais Full Duplex, a transmissão pode ser feita nos dois sentidos da rede simultaneamente. Isto só é possível se o canal for utilizado por apenas duas entidades que tenham funcionalidades da camada de enlace programadas. Assim sendo, não há disputa pelo meio (ambas as estações podem transmitir simultaneamente) e o CSMA/CD se torna desnecessário.

Em redes Gigabit Ethernet, por exemplo, quando operando em full duplex, as duas pontas do canal (seja uma estação ou um switch) utilizam-se de buffers para armazenar os frames que chegam pelo canal até que a camada MAC tenha condições de processá-los. Quando os buffers de envio ficam cheios, a camada MAC avisa as camadas superiores para pausar o envio de dados até que os frames bufferizados sejam efetivamente enviados, liberando os buffers. Se for o caso de os buffers de recebimento chegarem perto do esgotamento, a camada MAC envia um sinal ao outro par pedindo a interrupção do envio de frames por algum tempo determinado.

Tais características tornam o método CSMA/CD pouco útil quando utilizado em uma ligação ponto a ponto full duplex.



Figura 2: Eficiência x Taxa de Transmissão (Mbits/s), considerando tamanho médio de frame de 400 bytes

5 Vantagens e Desvantagens de Tecnologias de LAN

Apesar de amplamente utilizado em redes locais, o CSMA/CD perde performance rapidamente quando a quantidade de requisições à rede torna-se alta. Neste caso, o número aumentado de colisões é responsável pela queda de performance. Para situações onde a carga da rede é muito alta, existem outros protocolos de acesso ao meio que tem uma queda de desempenho menos acentuada que o CSMA/CD. Dentre eles, destacam-se o Token Bus e o Token Ring.

O *Token Ring* é implementado com topologia em anel ligando n estações. Quando o canal está livre para transmissão, um frame especial chamado *token* trafega pela rede. Quando uma estação deseja transmitir dados, esta deve esperar o recebimento do frame de token e, então, substituí-lo pelo seu frame de dados. Quando esta estação receber a confirmação do recebimento do seu frame, deverá reinserir o token no anel, permitindo a outras estações transmitirem seus dados.

A latência de tal protocolo tende a ser um pouco maior que a do CSMA/CD quando a carga da rede é relativamente baixa. Com o aumento da carga, no entanto, ele garante um atraso médio razoável, fato que ocorre devido à inexistência de retransmissões devido a colisões no anel. Por estes motivos, este protocolo é comumente empregado em *backbones*.

O *Token Bus* tem um funcionamento análogo ao do *Token Ring*, mas é cons-

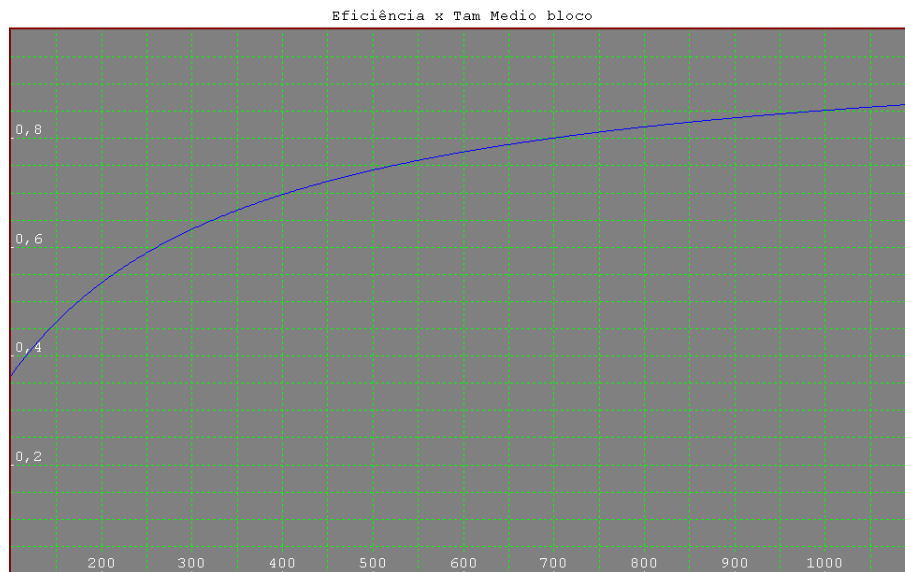


Figura 3: Eficiência x Tamanho Médio de Blocos (Mbits), considerando $R = 10$ Mbits/s

truído sobre topologias em barramento. Este método é comumente empregado em plantas industriais, onde a instalação de uma rede em anel se torna inviável devido ao alto custo. Sua latência, no entanto é maior que a do CSMA/CD e do Token Ring, apesar de ter uma latência ainda menor que CSMA/CD quando o tráfego se torna alto. Na prática é difícil encontrarmos a utilização do *Token Bus*.

6 Respostas dos Exercícios

6.1 Exercício 1

Dois terminais já sofreram duas colisões na tentativa de transmitirem um quadro. Pergunta-se: qual será a probabilidade de que haja nova colisão na próxima tentativa?

Se ambas as estações já causaram colisão de frames no meio duas vezes consecutivas, seu contador de colisões estará em 2 ($i = 2$) e esperarão um número de time-slots randômico entre 0 e $2^i - 1$. Assim sendo, o tempo de espera para nova tentativa será 0, 1, 2 ou 3 time-slots.

Uma vez que τ ($\tau = 2t_p$) é o tempo necessário para uma estação que quer transmitir ter certeza que adquiriu o meio e pode transmitir, uma nova colisão só ocorrerá se ambas as estações esperarem exatamente o mesmo número de time-slots para retransmitir. Neste caso, ambos escutariam o meio e o encontrariam

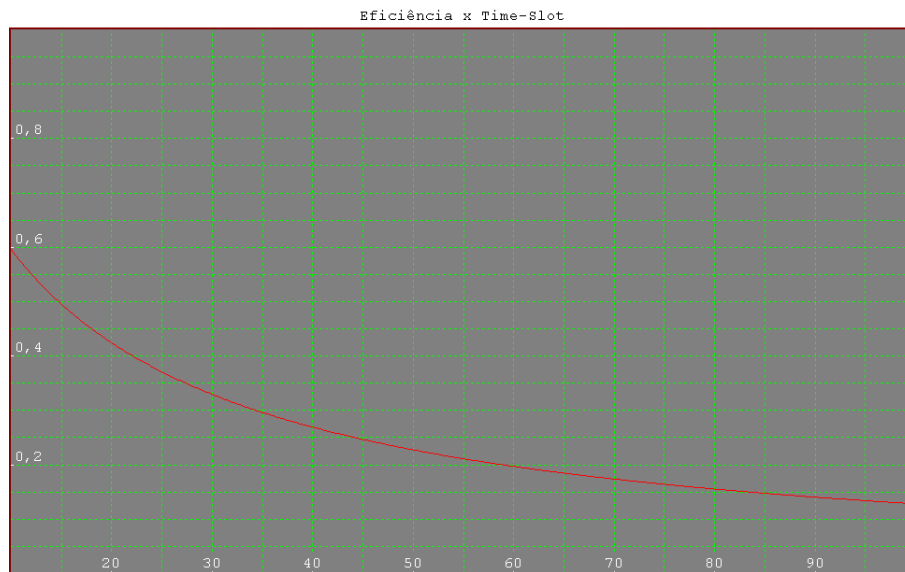


Figura 4: Eficiência x Time-Slot (seg), considerando $R = 10$ Mbits/s e $L_m = 100$ bytes

desocupado, iniciando a transmissão que irá resultar em nova colisão.

A probabilidade de que duas estações escolham randomicamente o mesmo número de time slots para dormir dentre quatro possibilidades será

$$P_c = \frac{1}{4} = 0,25$$

6.2 Exercício 2

Na evolução da Ethernet 10 Mbit/s para Fast Ethernet, Gigabit Ethernet e 10 Gigabit Ethernet, o que muda e o que permanece em relação à tecnologia original.

A tecnologia Ethernet foi a base para a criação da norma IEEE802.3. Originalmente a taxa de transmissão máxima era de 10 Mbit/s em semiduplex. Para a transmissão é possível a utilização de cabo coaxial, par trançado ou fibra ótica. Com relação à codificação, é utilizada a Manchester Diferencial e o protocolo implementado é o CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access /Collision Detect*). As topologias possíveis são a de barramento e a de estrela. O fator de carga máxima é de 0,4. A distância máxima é de 3,6 km (10Broad-36). A Fast Ethernet (100BaseT) foi normalizada através da IEEE 802.3u. Com a Fast Ethernet pode-se atingir uma taxa de transmissão de 100 Mbit/s. Com essa tecnologia também é possível realizar operações duplex, obtendo assim um desempenho ainda mais elevado do que a Ethernet, mas semiduplex é também

utilizado. Como meios de transmissão são utilizados o par trançado ou a fibra ótica. A codificação também muda, sendo então utilizado DSP (*Digital Signal Processing*) [1] e é usada a topologia em estrela. No entanto, a comunicação com redes Ethernet (10 Mbit/s) é permitida, visto que há equipamentos como hubs e switches que detectam a taxa de transmissão da rede e podem adaptar-se a essa taxa. A distância máxima suportada pela Fast Ethernet é de 2 km (100Base-FX com operações duplex). Outro aspecto importante é que na Fast Ethernet existe um único domínio de colisão. A Gigabit Ethernet [2] tem por padrões as normas 802.3z (meio de fibra ótica) e 802.3ab (meio de par trançado). A taxa de transmissão é de 1 Gbit/s. A comunicação se dá em ligações ponto-a-ponto entre switches ou estação-switch, sem CSMA/CD com transmissão duplex ou semiduplex em meio com CSMA/CD. A codificação, como também na Fast Ethernet é via DSP. A distância máxima suportada é de um pouco mais de 3km (1000Base-LX fibra ótica SMF com 1300nm). A 10 Gigabit Ethernet [3] permite somente fibras óticas para transmissão. A taxa atinge 10 Gbit/s. As ligações devem ser duplex ponto-a-ponto e CSMA/CD não é utilizado. A distância máxima possível para a transmissão é de 40 km (10Gbase-EX fibra ótica SMF com 1300nm).