

UM ESTUDO COMPARATIVO POR SIMULAÇÃO DE
TÉCNICAS DE ACESSO PARA REDES LOCAIS

Marcel Tachlitsky, EPUSP

End.: Cidade Universitária "Armando Sales de Oliveira",
Setor Amarelo, Bloco N-2, CEP.: 0100
São Paulo-SP.

Wilson V. Ruggiero, PhD, Scopus Tecnologia

End.: Rua Bela Cintra, 881 - 8º andar, Cerqueira Ce-
zar, CEP.: 01415 - São Paulo/SP

RESUMO: O trabalho apresenta e compara técnicas de aces-
so ao meio físico propostas no modelo para a
arquitetura de redes locais do projeto IEEE-802.
Modelos de simulação são utilizados para inves-
tigar as características de desempenho de tais
técnicas para diferentes configurações tendo co-
mo grandezas de interesse a vazão da rede e o
atraso médio das mensagens.

I - INTRODUÇÃO

Redes locais de computadores têm-se constituído em um tópico de crescente interesse nos últimos anos. Este fato é facilmente constatável pela multiplicação de artigos técnicos e produtos oferecidos por diferentes fabricantes para a implementação de tais redes.

De forma genérica redes locais de computadores podem ser classificadas como sistemas distribuídos, geograficamente limitados, nos quais a distância máxima entre dois nós quaisquer é inferior a alguns quilómetros [1]. Algumas outras características são geralmente aceitas:

- Os canais de comunicação operam a altas taxas de transmissão (da ordem de Mbits/Seg) e são dotados de elevada confiabilidade.
- As redes são de propriedade de uma única organização ou grupo de usuários.

O objetivo principal das redes locais é fornecer uma infraestrutura de comunicações para a interligação de equipamentos de diferentes fabricantes numa área restrita como forma de promover o processamento distribuído e o compartilhamento de recursos entre os usuários. Para atingir tal objetivo alguns serviços básicos devem ser fornecidos pela rede tais como a conversão de códigos, a detecção e correção de erros de transmissão e a conversão de velocidades de transferência entre equipamentos. Alguns outros serviços tais como o controle de fluxo, a comunicação entre processos e a transferência de arquivos são desejáveis e em geral implementados sobre os serviços básicos.

Pode-se caracterizar dois grandes ramos de aplicação para os quais têm sido utilizadas redes locais. O primeiro deles é a automação de escritórios para a qual são necessários serviços tais como transferência de arquivos, acesso a banco de dados, correio eletrônico e ultimamente a transmissão de voz e fac-símile.

O segundo ramo refere-se ao controle de processos. Para estas aplicações alguns requisitos tais como alta confiabilidade e tempos de resposta garantidos são de extrema importância.

O objetivo deste trabalho é analisar com o auxílio de modelos de simulação alguns métodos de controle de acesso ao meio físico (CSMA-CD e passagem de Token) que se encontram sob processo de padronização pelo comitê 802 da IEEE e a suas características de desempenho.

II - O PADRÃO IEEE-802 [2]

Devido a grande proliferação de propostas e implementações diversas de redes locais de computadores, a "Computer Society" do instituto dos engenheiros eletricitas e eletrônicos (IEEE) constituiu em fevereiro de 1980 o projeto de padronização 802 cujo objetivo foi criar alguma forma de padronização que facilitasse a produção em massa de equipamentos compatíveis e a comunicação entre redes locais.

Um dos requisitos básicos adotado pelo comitê 802 foi o de trabalhar dentro do marco do modelo de referência para a interconexão de sistemas abertos da "International Standards Organization" (ISO-OSI) [3] .

O modelo sob padronização para redes locais engloba os níveis 1 e 2 do modelo de referência da ISO. A Figura 1 ilustra a correspondência entre os dois modelos [4] . Note-se que os dois primeiros níveis do modelo da ISO correspondem a tres no modelo para redes locais. Na realidade o nível 2 é sub-dividido em dois níveis. O motivo para esta divisão é evidenciar a necessidade de existência de um mecanismo de controle que discipline o acesso ao meio físico nas redes locais. A Figura 2 apresenta o modelo de forma mais detalhada.

MODELO DE REFERÊNCIA DA ISO



Figura 1

MODELO DE REFERÊNCIA DE IMPLANTAÇÃO



Figura 2

O comitê 802 optou pela adoção de um padrão múltiplo no qual são especificados diversas opções para os níveis físicos e de controle de acesso ao meio físico. A Figura 3, ilustra o padrão adotado, uma única abordagem é especificada para o nível de controle de enlace lógico. Já para os demais níveis duas abordagens incorporando tres métodos são especificadas. As abordagens são o CSMA-CD (Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection) e a passagem de token, esta última incluindo as técnicas de anel de token e "Token Bus". O acesso pode ser provido a tres meios físicos: o par trançado, o cabo coaxial e as fibras óticas. O cabo coaxial pode ser operado em banda básica ou banda larga.



Figura 3

O padrão múltiplo adotado pelo comitê 802 reflete a situação existente na realidade onde se constata a existência de um grande número de diferentes propostas e implementações para o nível de acesso de redes locais. Por um lado pode-se perceber quase que um consenso de que entre as propostas existentes nenhuma se afirmou como nitidamente superior as demais para todas as classes de aplicações e necessidades e por outro lado a existência de interesses conflitantes fruto de investimentos realizados por grandes empresas como a IBM e a xerox em diferentes alternativas.

A adoção de um padrão múltiplo tem gerado controvérsias. Por um lado estão aqueles que argumentam que um padrão único agilizará o uso em larga escala de redes locais. No outro extremo aparecem opiniões que consideram prematuro a adoção de um padrão no atual estágio de desenvolvimento desta tecnologia e o veem como cerceador de novos desenvolvimentos [5].

III - MODELOS DE SIMULAÇÃO

Os simuladores utilizados modelam as principais características de cada um dos protocolos de acesso, as suposições mais importantes adotadas para os mesmos assim como as características do tráfego gerado para os experimentos encontram-se listados a seguir:

- Para cada mensagem transmitida é gerada uma mensagem de ack. Para as redes em barramento a mensagem de ack é gerada imediatamente após a recepção da mensagem de dados ("Acknowledging Ethernet" [6]). Para o anel, o "ack" é representado por um campo incorporado a mensagem de dados.
- Nos modelos de passagem de Token ("Bus" e Anel) cada estação transmite no máximo uma mensagem por acesso.

*a geração de mensagens de ack à nível de controle de acesso não é exigida na padronização do comitê 802.

- Os canais de comunicação são supostos livres de ruído.
 - Os "Buffers de Transmissão" das interfaces são supostos ilimitados.
 - O tráfego gerado é homogêneo, ou seja, todas as estações geram o mesmo volume de tráfego com as mesmas características.
 - As mensagens de dados são geradas segundo distribuições de poisson independentes.
 - O tamanho das mensagens é obtido a partir de distribuições geométricas independentes truncadas nos extremos.
 - As mensagens geradas por cada estação são endereçadas as demais segundo distribuições uniformes independentes.
 - A cada mensagem transmitida é adicionado um cabeçalho.
- Os valores dos parâmetros utilizados nos experimentos estão listados na Tabela 1.

Número de Estações :	2, 4, 8, 16, 64, 256
Capacidade do Canal:	10 Mbits/Seg.
Tamanho do Cabo :	1, 100, 1000 em ("Bus")
	: 1500 em (Anel)
Tamanho do Cabeçalho:	100 bits
Tamanho das Mensagens de "Ack":	100 bits ("Bus")
	4 bits (Anel)
Tamanho do Token :	32 bits ("Bus")
	8 bits (Anel)
Tamanho Médio das Mensagens de Dados :	256, 1024, 4096 bits

Tabela 1

As grandezas comparadas são o atraso médio (tempo transcorrido entre a geração de uma mensagem e a sua recepção pela estação destino), e a vazão média máxima permitida por cada um dos protocolos, a vazão média máxima é definida como a carga externa máxima que a rede pode suportar em condições de atraso médio finito.

IV - O MÉTODO CSMA-CD

O CSMA-CD constitui-se atualmente na técnica de acesso de maior uso em redes locais de computadores, este fato é principalmente devido à grande popularização da rede Ethernet [7] proposta inicialmente por Metcalfe e Boggs [8]. O CSMA na sua versão banda básica também foi a primeira das alternativas a ser padronizada pelo comitê 802. A versão de banda larga encontra-se ainda nos primeiros estágios do processo.

A topologia adotada para o sistema configura uma árvore sem raiz (Figura 4). A operação do protocolo exige que antes de transmitir uma mensagem a estação verifique o estado da via; se esta se encontrar ativa a estação deve esperar. Após a via se tornar livre, a estação pode iniciar sua transmissão, contudo ela deve continuar monitorando a via durante um período equivalente a duas vezes o tempo de propagação da mesma (SLOT) para assegurar-se se há ou não outras estações transmitindo. Se nenhuma colisão é detetada a mensagem é integralmente transmitida. Em caso contrário a estação deve interromper sua transmissão e se re-escalar para um instante no futuro. Este procedimento é repetido até que a estação consiga transmitir sua mensagem ou até que o número de colisões atinja um limite, caso no qual os protocolos de nível mais alto são avisados de que houve algum problema.

O algoritmo utilizado para a resolução de colisões (BEB - "Binary Exponencial Back-Off") dobra a cada colisão a média de uma distribuição uniforme da qual é sorteada o número de SLOTS que a estação deve esperar antes de tentar uma nova transmissão.

Uma descrição formal do CSMA-CD assim como dos demais protocolos pode ser encontrada na referência [2].

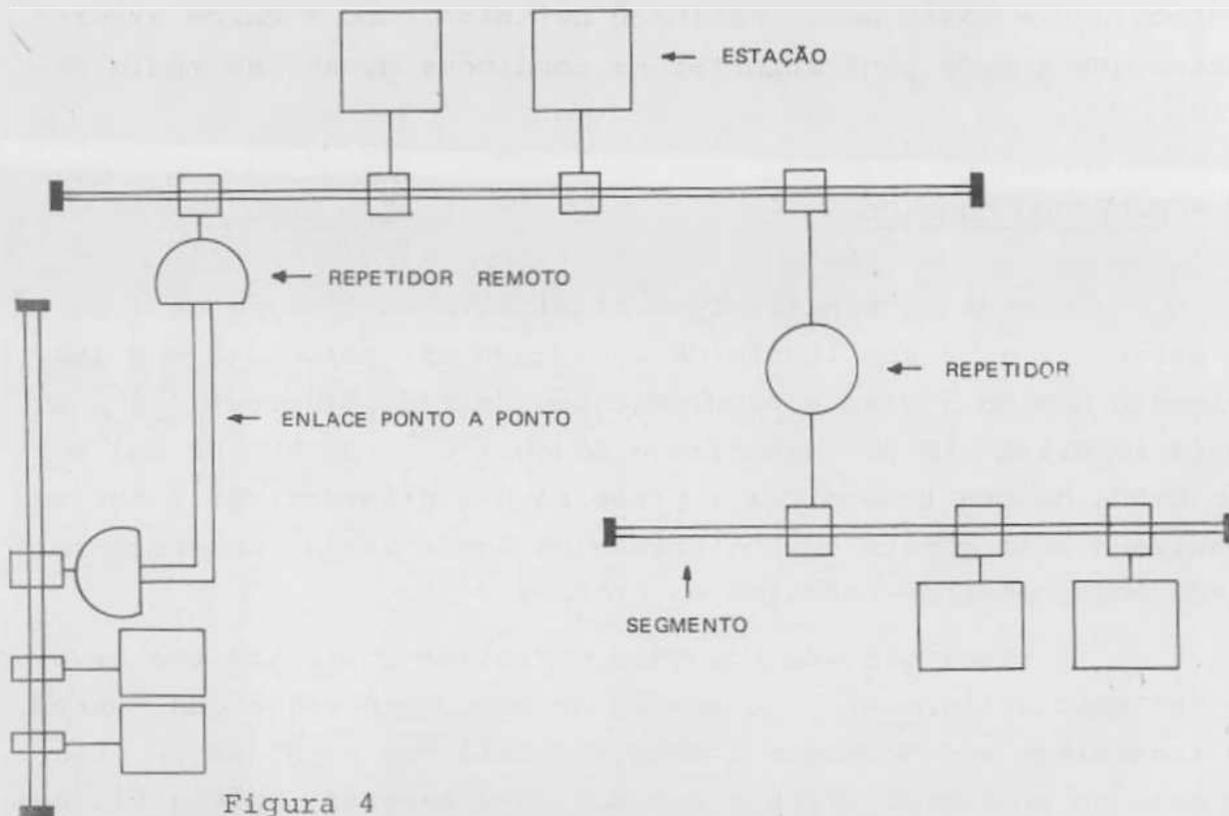


Figura 4

IV-I - CARACTERÍSTICAS DO CSMA-CD

Uma das características marcantes do CSMA-CD é possuir um comportamento não determinístico. Este comportamento impede que seja possível colocar um limite superior para o tempo de acesso de uma estação à via de comunicações, o que se constitui numa característica não desejável para diversos tipos de aplicação principalmente aquelas de tempo real.

As principais virtudes do CSMA-CD se deferem à sua confiabilidade. O fato de utilizar um meio físico completamente passivo a torna muito pouco propensa a falhas. Contudo existe um compromisso em relação às dimensões físicas da rede, a utilização de um meio passivo limita a distância máxima e o número de esta

ções que podem ser conectadas em um único segmento. Quando se torna necessário cobrir uma área mais extensa diversos segmentos devem ser interligados através de repetidores ativos o que torna a rede mais vulnerável a falhas.

À nível de protocolo de acesso, o CSMA-CD também apresenta uma confiabilidade intrínseca. A utilização de um mecanismo completamente distribuído e que não depende de permissões explícitas para a passagem de controle entre as estações configura uma situação de grande robustez.

O CSMA-CD pode ser classificado como um protocolo orientado à demanda dada as suas características de acesso, em situações de baixa carga o "overhead" imposto é mínimo e o acesso é praticamente imediato. Já para altas cargas o "overhead" é grande o que vem a limitar a vazão. Uma característica adicional é a falta de um mecanismo implícito de controle de fluxo o que torna a rede indefesa à monopolização do canal por um usuário que gere um grande volume de tráfego.

Os principais fatores limitantes do desempenho do CSMA-CD são as colisões e o mecanismo adotado para resolvê-las. A situação em que se obtém a vazão máxima é aquela em que uma única estação transmite mensagens para todas as demais da rede (100% de polarização no tráfego da rede), nestas condições não são possíveis colisões e a vazão máxima alcançável pode ser calculada pela equação 1.

$$V_{MAX} = \frac{T_{DADOS}}{T_{DADOS} + T_{CAB} + T_{ACK} + T_{GAP}} \quad (\text{Eq. 1})$$

T_{DADOS} = Tempo médio gasto para transmitir uma mensagem
 T_{CAB} = Tempo gasto para transmitir os bits de "overhead" associados à mensagem
 T_{ACK} = Tempo gasto para transmitir uma mensagem de ack
 T_{GAP} = Tempo mínimo entre a transmissão de mensagens sucessivas.

A situação em que o tráfego é gerado homogeneamente por todas as estações representa o pior caso em termos de desempenho para este protocolo já que nesta situação é maximizada a probabilidade de ocorrer colisões. A formulação analítica para o cálculo da vazão máxima neste caso é extremamente complexa e por este motivo resultados de simulação são utilizados. A Figura 5 apresenta um gráfico no qual estão representadas as curvas da vazão máxima para os dois casos descritos em função do tamanho médio das mensagens. Verifique-se para ambas um aumento da vazão para mensagens maiores. O gráfico da Figura 6 apresenta curvas do atraso médio relativo em função da carga parametrizadas pelo tamanho médio das mensagens. Consistentemente com o gráfico anterior os atrasos relativos são menores para mensagens maiores. O motivo mais evidente para tal comportamento está relacionado com os bits de "overhead" (cabeçalhos + Acks) associados a cada mensagem independentemente do seu tamanho médio. A Figura 7 apresenta um gráfico equivalente ao anterior onde este "overhead" foi eliminado, verifique-se que houve uma grande aproximação entre as curvas principalmente na região de baixa carga (até aproximadamente 0,3) onde é pequeno o número de colisões. A partir deste ponto as curvas começam a se separar mantendo a mesma posição relativa da Figura 6. Estes resultados confirmam a maior eficiência do protocolo quando são usadas mensagens maiores. Para esta condição, os resultados de simulação indicam um menor número de colisões para uma mesmo valor de carga externa o que está relacionado com a duração do Slot que independe do tamanho das mensagens e é função das características físicas da rede.

Estas conclusões também são válidas para a taxa de transmissão do canal de comunicações que é a outra componente na determinação do tempo de transmissão das mensagens. Stuck [9] apresenta resultados semelhantes em relação a vazão que configuram uma limitação tecnológica do protocolo.

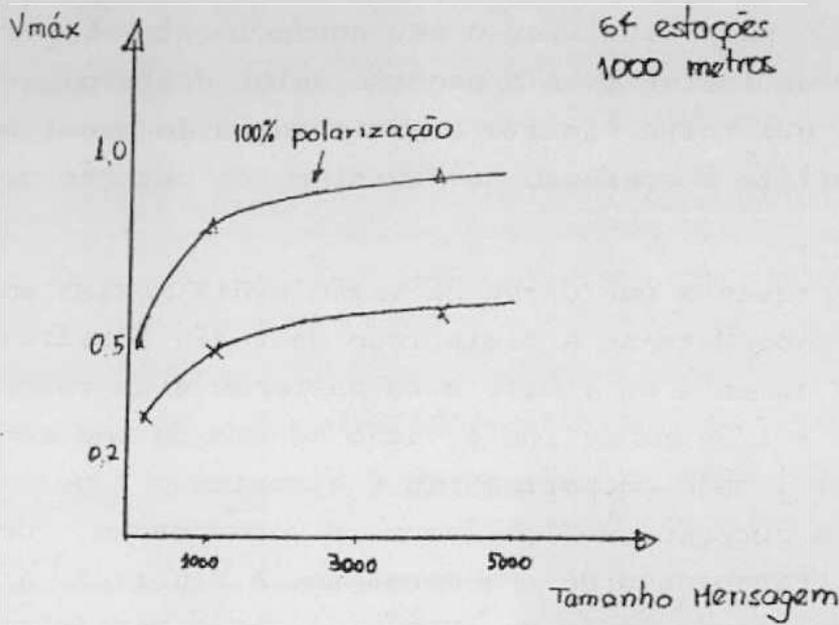
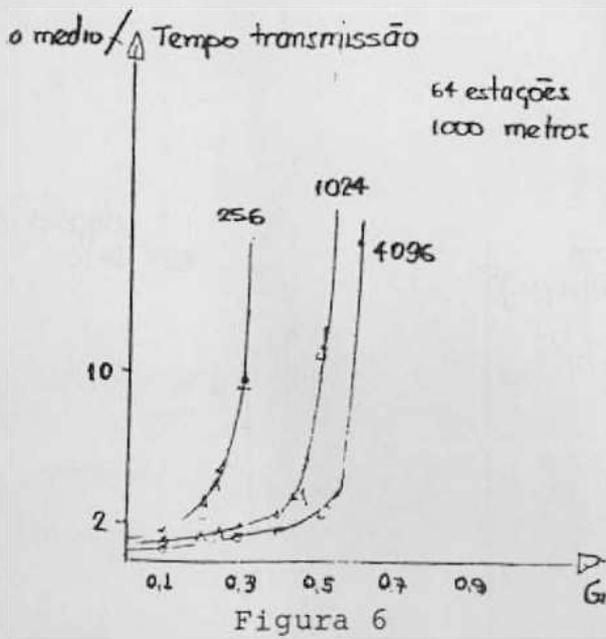
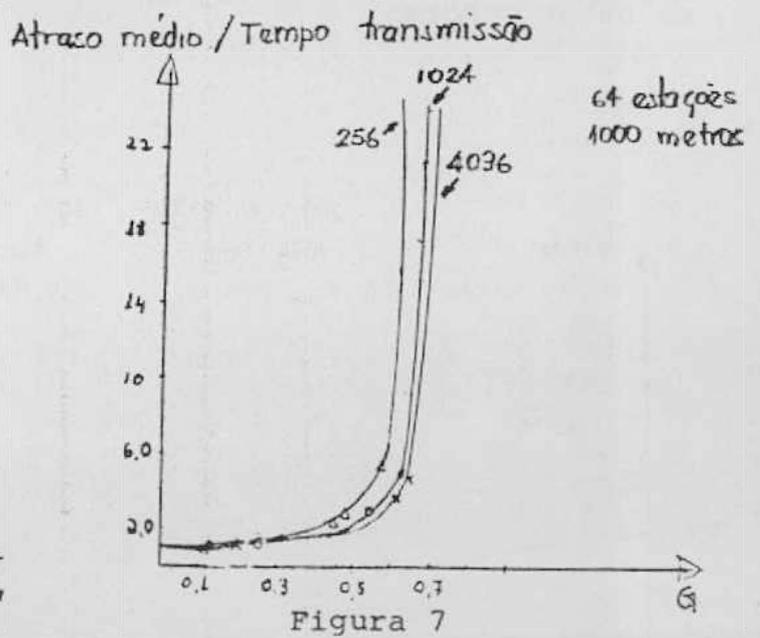


Figura 5



Tamanho do Cabo



O tamanho do cabo constitui-se noutro parâmetro de grande importância no projeto de uma rede que utilize o CSMA-CD. Além das implicações à nível físico já descritas, este parâmetro vai determinar a duração do Slot. Esta duração dá uma boa idéia do

quão rápido uma estação pode atualizar o seu conhecimento sobre o estado da rede em cada instante. E o pequeno valor deste parâmetro numa rede local que torna efetiva a monitoração do canal de comunicações e possibilita a operação do mecanismo de detecção de colisões.

A Figura 8 apresenta uma curva da vazão média máxima em função do tamanho do cabo. Note-se a diminuição da vazão a medida que o tamanho do cabo aumenta. No limite a curva tende a um valor aproximadamente igual a $1/2e$ que define a vazão máxima de uma rede tipo aloha [10, 11] cujo comportamento é aproximado pelo CSMA-CD a medida que a duração do Slot assume a mesma ordem de grandeza do tempo de transmissão de uma mensagem. A Figura 9 apresenta um gráfico do atraso médio em função da carga parametrizado por dois valores de tamanho do cabo : 1 m e 1000 m . Os resultados confirmam de forma clara o melhor desempenho obtido para cabos menores.

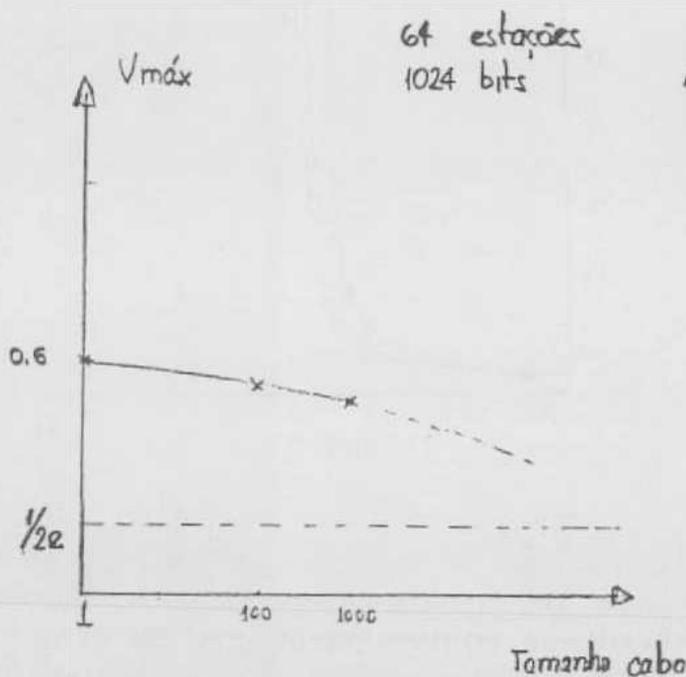


Figura 8

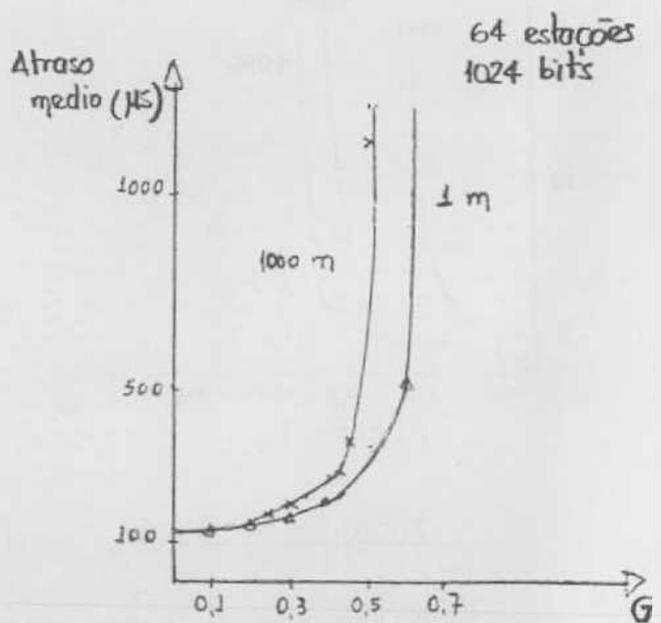


Figura 9

Número de Estações

A Figura 10 apresenta uma curva da vazão máxima em função do número de estações conectadas a via. O primeiro trecho da curva evidencia uma queda acentuada da vazão o que representa a passagem de uma situação sem colisões (apenas uma estação transmitindo) para uma outra em que a via é disputada igualmente por todas as estações. A partir deste ponto o sistema tende rapidamente para uma situação de equilíbrio onde o acréscimo de novas estações praticamente não degrada a vazão máxima alcançável. Para a configuração utilizada no experimento, a partir de aproximadamente 15 estações a curva de vazão tende para uma reta paralela ao eixo das abcissas.

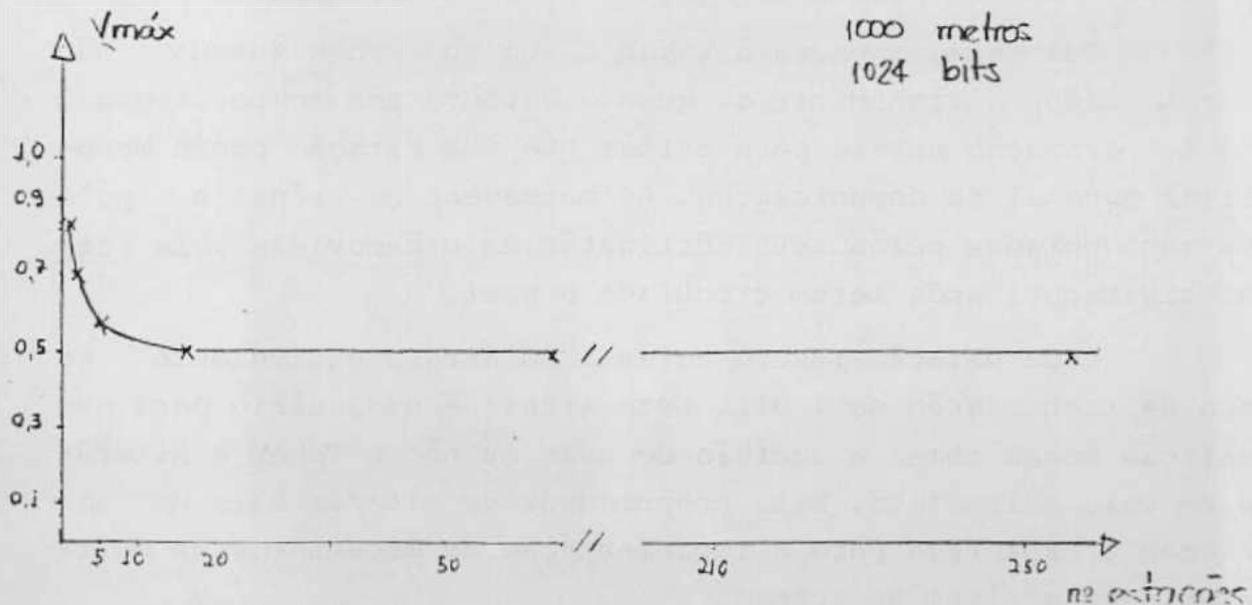


Figura 10

V - O MÉTODO DA PASSAGEM DE TOKEN

A passagem de Token constitui-se na segunda técnica de acesso sob processo de padronização pelo comitê 802 da IEEE. Duas versões são admitidas, a primeira utiliza uma topologia em anel [12, 13] na qual as estações são interconectadas através de en

laces ponto a ponto. A segunda especifica uma estrutura de barramento e inclui opções de transmissão em banda básica e banda larga.

A técnica de acesso proposta para ambas as versões é similar e suas diferenças decorrem das características de cada uma das topologias.

A estrutura física do anel de Token impõe uma ordenação natural entre as estações que é explorada pelo protocolo de acesso. Uma estação sempre se encontra em um de dois estados, transmitindo mensagens geradas localmente ou retransmitindo os dados que recebe através do anel.

O controle de acesso ao meio físico é realizado através de um Token que é passado entre as estações de forma cíclica e que garante ao seu possuidor o direito de inserir mensagens no anel.

Uma estação passa o Token a sua sucessora quando não tem mais dados a transmitir ou quando estoura uma temporização. Esta temporização existe para evitar que uma estação possa monopolizar o canal de comunicações. As mensagens em trânsito pelo anel são copiadas pelos seus destinatários e removidas pela estação originadora após terem circulado o anel.

Cada estação insere no anel um atraso equivalente ao tempo de transmissão de 1 Bit. Este atraso é necessário para que a estação possa tomar a decisão de usar ou não o Token e alterá-lo em caso afirmativo. Esta propriedade de alterar Bits de uma mensagem é explorada para a implementação de mecanismos de multi-prioridade a nível de acesso.

A existência de repetidores ativos permite que a rede possa facilmente cobrir extensas áreas, por outro lado constitui-se num fator de vulnerabilidade exigindo um grande cuidado no projeto de mecanismos que minimizem as possibilidades de falhas.

A principal diferença entre o "Token Bus" e o anel de Token decorre do fato de que o barramento não impõe uma ordenação natural entre as estações tal como no caso do anel, por este motivo torna-se necessária a criação de um anel lógico ou virtual

sobre a estrutura de barramento que possibilite a operação do protocolo. Cada estação deve manter pelo menos os endereços do seu sucessor e antecessor para que seja preservada a integridade do anel lógico. A REDEPUC [14] é um bom exemplo de "Token Bus" onde é utilizado um mecanismo de passagem de controle bem mais sofisticado para a operação deste protocolo.

A principal vantagem do "Token Bus" em relação ao "Anel de Token" reside na ausência de elementos ativos no meio físico o que lhe confere uma maior confiabilidade. Por outro lado as estações do "Token Bus" não têm capacidade de alterar Bits durante a transmissão de uma mensagem o que tem como principal consequência uma menor eficiência do protocolo além de forçar que um mecanismo de multi-prioridade seja implementado a um nível mais alto de protocolo.

A passagem de controle num "Token Bus" é realizada através da troca de pequenas mensagens de controle que contêm o endereço da próxima estação dentro do ciclo.

A duração de um ciclo vazio (ciclo no qual nenhuma das estações tem mensagens a transmitir) fornece uma boa indicação da latência imposta pelo protocolo para o acesso a rede em situações de baixa carga. As equações 2 e 3 servem para calcular a duração destes ciclos para o anel e o "Bus" respectivamente.

$$T_{C.V.} = N \times T_{INTERF.} + \tau \quad (\text{Eq. 2}) \quad N = \text{Número de nós do anel}$$

$$T_{INTERF.} = \text{Atraso por nó}$$

$$\tau = \text{Tempo de Propagação}$$

$$T_{C.V} = N \times T_{CONT} + 2\tau \quad (\text{Eq.3}) \quad T_{CONT} = \text{Tempo de Transmissão da mensagem de controle}$$

O atraso típico por nó num anel de Token é equivalente ao tempo de transmissão de 1 Bit enquanto o tamanho das mensagens de controle num "Token Bus" é tipicamente de algumas dezenas de Bits. Estes resultados evidenciam que para ambas as redes, o tem

po de acesso é uma função do número de nós e que a latência imposta pelo protocolo é mais acentuada para o "Token Bus".

As equações 4 e 5 indicam a vazão média máxima alcançável para o anel e o "Bus" respectivamente.

$$V_{MAX} = \frac{T_{DADOS}}{T_{DADOS} + T_{OVERH} + T_{TOKEN} + T_{INTERF} + \tau/N} \quad (\text{Eq. 4})$$

T_{DADOS} = Tempo médio de transmissão da parte de dados de uma mensagem
 T_{TOKEN} = Tempo de transmissão do Token
 T_{OVERH} = Tempo de transmissão dos Bits de overhead associado a cada mensagem

$$V_{MAX} = \frac{T_{DADOS}}{T_{DADOS} + T_{OVERH} + T_{CONT} + 2\tau/N} \quad (\text{Eq. 5})$$

Estas equações referem-se a uma rede onde o tráfego é distribuído homogeneamente entre todas as estações. Numa situação de 100% de polarização no tráfego, a vazão máxima será menor nas condições supostas ou seja uma mensagem transmitida por acesso. A queda da vazão é bem mais pronunciada no "Token Bus" devido a maior duração do ciclo vazio para este protocolo [9]. Verifique-se também que o "Overhead" imposto pelo protocolo é máximo para as situações de baixa carga e mínimo para as de alta o que representa um bom compromisso.

A Figura 12 apresenta um gráfico da vazão máxima em função do tamanho médio das mensagens. Verifique-se a maior vazão

conseguida quando são utilizadas mensagens maiores, o que decorre principalmente dos Bits de "overhead" transmitidos para cada mensagem que independem do tamanho das mesmas. As características físicas da rede também influenciam neste comportamento o que pode ser observado nas equações 4 e 5 pelo último termo do denominador. No entanto esta influência é bem menos determinante no que no caso do CSMA-CD devido as características determinísticas do protocolo.

A vazão máxima independe do número de estações conectadas a rede, porém a medida que mais estações são conectadas a latência da rede aumenta devido a maior duração do ciclo. Esta característica pode fazer com que em determinadas aplicações seja necessário limitar o número de estações conectadas à rede.

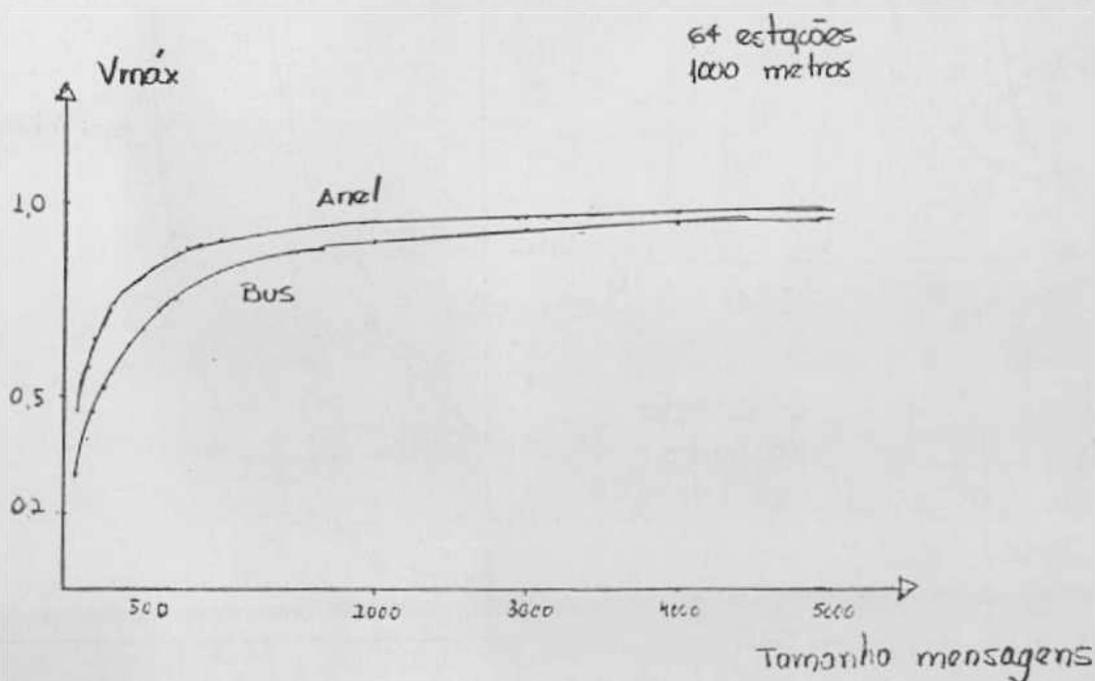
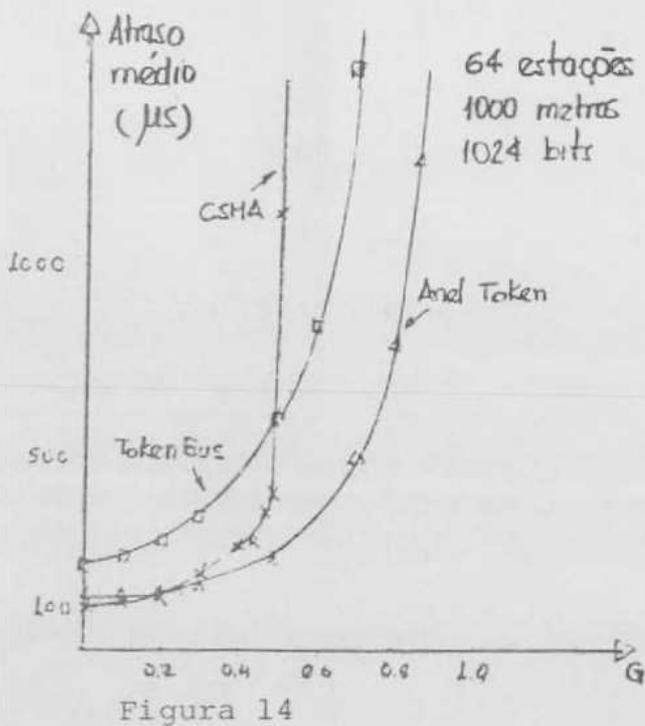
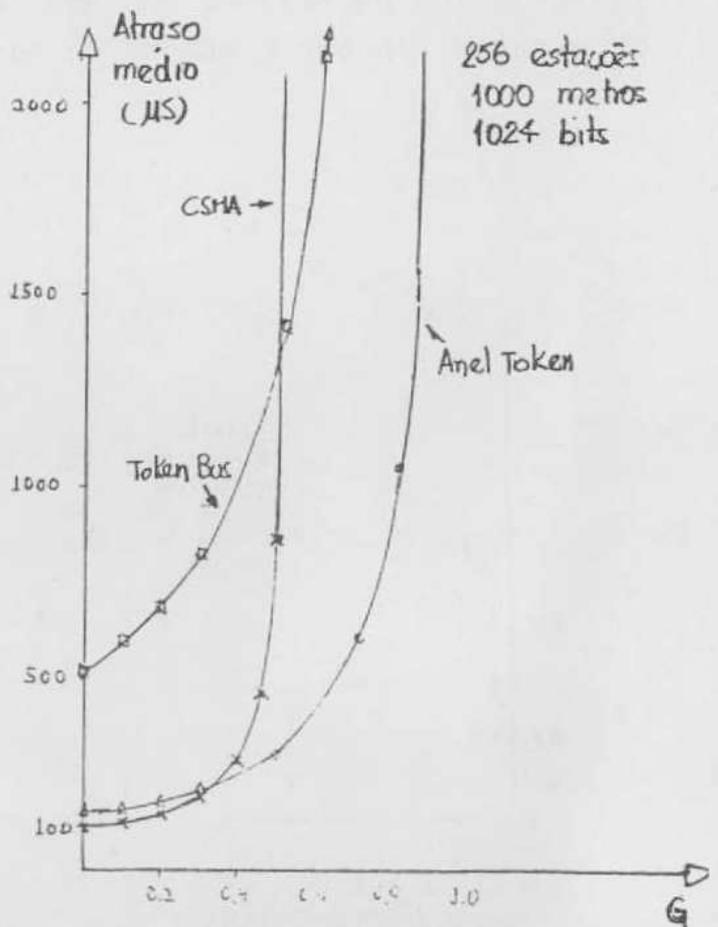
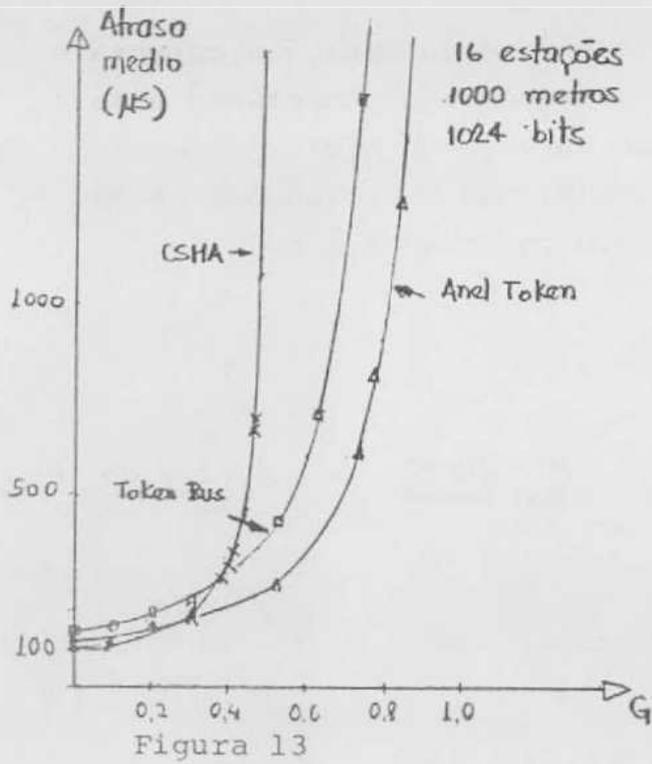


Figura 12

VI - CONCLUSÕES

As Figuras 13, 14 e 15 apresentam gráficos do atraso médio em função da carga para diferentes valores do número de estações conectadas a rede para as três técnicas de acesso. Estes resultados juntamente com os demais obtidos anteriormente permitem a elaboração de algumas conclusões em relação ao comportamento dos protocolos.



O CSMA-CD assim como os demais protocolos de contenção é bastante sensível à relação entre o tempo médio de transmissão das mensagens e o tempo de propagação dos sinais no cabo, tendo o seu desempenho maximizado para valores altas desta relação ou seja mensagens grandes e cabos pequenos. Em relação ao número de estações, o protocolo apresenta-se bastante insensível em termos de vazão e atrasos para uma ampla faixa, garantindo menores tempos de acesso para cargas baixas em relação a passagem de Token praticamente em todas as situações estudadas. Por outro lado é o protocolo que tem o desempenho mais sensível ao aumento da carga externa, o que se traduz numa limitação da vazão máxima e altos valores de atraso para as situações de alta carga. A adoção de um novo mecanismo de resolução de colisões para o CSMA-CD em substituição ao BEB foi proposto por Moura [15] e resulta numa maximização global do desempenho do protocolo. Uma característica adicional do CSMA-CD é a sua não adequabilidade para aplicações onde seja necessário garantir um tempo máximo de acesso a rede devido ao não determinismo implícito apresentado pelo protocolo. Alguns resultados de simulação ainda sob análise e que deverão ser apresentados num próximo trabalho revelam uma grande dispersão traduzida em altos valores de variância para os atrasos das mensagens.

Os protocolos de passagem de Token apresentam como característica geral uma alta eficiência que é mais evidenciada em situações de altas cargas e uma latência para as situações de baixas cargas que é função do número de estações conectadas à rede. O anel de Token em termos de desempenho apresenta-se como um protocolo mais eficiente e menos sensível à variação de parâmetros do que o "Token Bus". Uma característica adicional destes protocolos é a sua adequabilidade para aplicações onde seja necessário garantir um limite máximo para o tempo de acesso.

Parece provável que devido a ser o primeiro dos três métodos a ser padronizado e a disponibilidade de dispositivos VLSI para a sua implementação, o CSMA-CD venha a dominar o mercado nos

próximos anos [16]. Situação que deverá ser alterada com a introdução de dispositivos VLSI que impletem as técnicas de passagem de Token, devido as melhores características que apresentam principalmente se for considerada a crescente demanda pela incorporação de serviços de transmissão de voz nas redes locais. O anel de Token em particular parece despontar com a técnica que apresenta as melhores características para tais aplicações devido ao seu caracter determinístico, a sua menor sensibilidade a um aumento nas taxas de transmissão e a sua capacidade de incorporar mecanismos de multi-prioridade a nível de acesso.

Um outro tópicó não tratado neste trabalho refere-se aos protocolos de acesso híbridos, tais protocolos procuram agrupar as melhores características dos métodos descritos e poderão vir a se tornar uma alternativa importante para a implementação de redes locais.

Referências

1. TANENBAUM, A.S., "Computer Networks", Prentice-Hall, 1981 pp 286-322
2. IEEE Project 802: Local Networks Standards, Draft C, Maio 1982, 698 p.p
3. "Reference Model of Open System Interconnection", International Standards Organization, Documents ISO/TC97/SC16/N227 e ISO/TC97/SC16/N309.
4. MYERS, W. "Toward a Local Network Standard", IEEE Micro, Agosto 1982, pp. 28-45.
5. DAHOD, A.M., "Local Network Standards: No Utopia", Data Communications, Março 1983, pp 173-180.

6. TOKORO, M. E K. Tamaru, "Acknowledging Ethernet", Compcom Fall 77, Digest of Papers, 1977, pp. 320-325.
7. METCALFE, R.M e D.R. Boggs, "Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks".
Comm. ACM, Vol 19, nº 7, Julho 1976, pp. 395-404.
8. "The Ethernet - A local area Network - Data Link Layer and Physical Layer Specifications", Digital Equipment Corporation, Intel Corporation, Xerox Corporation, 30 Set 1980
82 pp.
9. STUCK, B.W., "Calculating The Maximum Mean Data Rate in Local Area Networks", IEEE Computer, Maio 1983, pp. 72-76.
10. ABRAMSON, N., "The Aloha System", Afips Conf. Proc., Vol 37 1970, FJCC, Afips Press, Montvale, N.J., 1970, pp. 281-285
11. Kleinrock, L. e F.A. Tobagi, "Packet Switching in Radio Channels: Part 1 - Carrier Sense Multiple-Access Modes and Their Throughput-Delay Characteristics, IEEE Trans. Comm., Vol 23, nº 12, DEC 1975, pp. 1400-1416.
12. MARKOV, J.D. e N.C. Strole, "Token-Ring local area Networks: A perspective", Digest of papers-Compcon Fall 82
13. ANDREWS, D.W. e G.D. Shultz, "A Token Ring Arquiteture for local-area Networks" Digest of Papers-Compcon Fall 82
14. SOARES, L.F.G. e D.A. Menascê, "Um Protocolo para Redes Locais do tipo difusão", publicação interna-Depatº Informática PUC-RJ, 1982, 14 pp.
15. MOURA, J. A. B., "Loops and Ethernet: Evaluation and Comparison of Performance and Complexity", Dissertação de Mestrado. University of Waterloo, Abril 1979, 181 pp.
16. NELSON, J., "802: A Progress Report", Datamation, V29 nº 9, Set 1983, pp 136-152.